Zitteliana	20	Hagn/Herm-Festschrift	179–211	München, 31. 12. 1993	ISSN 0373-9627

Zyklostratigraphie und Foraminiferen-Palökologie in pelagischen Sedimentationszyklen des Apt/Alb im Umbrisch-Marchischen Apennin (Mittelitalien)

Von

SIBYLLE U. NOÉ*)

Mit 9 Abbildungen und 3 Tafeln

KURZFASSUNG

Im Rahmen einer hochauflösenden zyklo- und biostratigraphischen Gliederung von tiefmarinen Kalk-Mergel-Wechselfolgen, den Scisti a Fucoidi, wurde der Zeitbereich des Apt/Alb in Aufschlüssen des Umbrisch-Marchischen Apennins (Mittelitalien) im „one-centimetre" Stil beprobt. Die 100 m mächtige Abfolge besteht aus einer Kalk-Mergel-Wechsellagerung, die in verschiedenen Profilabschnitten von Redox-Zyklen und $CaCO_3/SiO_2$-Zyklen überlagert ist. Aufgrund charakteristischer zyklischer Muster wurden fünf Members unterschieden.

In den Kalk-Mergel-Wechselfolgen bilden sich der Präzessionsindex und der Exzentrizitätsindex ab. Die Entstehung dieser Wechsellagerung wird auf orbital gesteuerte Klimaschwankungen zurückgeführt, die in erster Linie die Produktivität des kalkigen Nannoplanktons gesteuert haben. Die Redox-Zyklen gehen auf Fluktuationen in der Durchlüftung des Tiefenwassers zurück. Die $CaCO_3/SiO_2$-Zyklen charakterisieren Perioden mit erhöhter Kieselplankton-Produktion im Oberflächenwasser und verstärkter Karbonatlösung am Meeresboden.

Detaillierte mikropaläontologische Untersuchungen der Foraminiferen-Gesamtfauna haben gezeigt, daß die Foraminiferen auf die kleinmaßstäblichen, orbital induzierten Klimaschwankungen nicht reagiert haben. Die beobachtete Verteilung der Planktonten geht im wesentlichen auf die Erhaltung bzw. Lösung der Gehäuse im Tiefenwasser bei einer generell hohen Produktivität im Oberflächenwasser zurück. Wichtigster Steuerungsfaktor der Benthonten ist der Sauerstoffgehalt des Tiefenwassers. Ferner haben sich längerfristige Fluktuationen der paläozeanographischen Bedingungen auf einige benthonische Foraminiferen-Gattungen ausgewirkt.

ABSTRACT

Aptian/Albian pelagic sedimentary cycles in the Umbro-Marchean Apennines (Central Italy), the Scisti a Fucoidi, were used for the investigation of a high-resolution cyclo- and biostratigraphy. The 100 m-thick sequence mostly consists of a limestone/marlstone alternation which is modified by redox cycles and $CaCO_3/SiO_2$ cycles in different parts of the sequence. As to the characteristic cyclic patterns, five members were distinguished.

Cyclicity reflects the ca. 20-ka precession cycle and the ca. 100-ka cycle of orbital eccentricity. Orbitally induced climatic changes controlling the productivity of the calcareous nannofossils are considered to be the primary control of the limestone/marlstone alternation. The redox cycles are due to fluctuations in primary productivity responsible for the deep water oxygenation. $CaCO_3/SiO_2$ cycles characterize periods of increased productivity of siliceous plankton and carbonate dissolution on the sea floor.

Detailed micropaleontological investigations on the foraminiferal associations reveal the following results: The distributional patterns of the planktonic and benthonic foraminifera do not show any distinct relation to the small-scale climatic fluctuations. The distributional patterns of the planktonic foraminifera are the result of a generally high productivity in the surface water modified by periodic

*) Dr. SIBYLLE U. NOÉ, Universität Bremen, Fachbereich Geowissenschaften, Klagenfurter Straße, D-28359 Bremen

dissolution of the tests in the deep water. The benthonic foraminiferal assemblage strongly depends on the bottom water oxygenation. In addition, some large-scale fluctuations of paleoceanographic conditions controlled the distribution of certain benthonic genera.

1. EINFÜHRUNG

1.1 PELAGISCHE SEDIMENTATIONSZYKLEN DES APT/ALB IM UMBRISCH-MARCHISCHEN APENNIN

Das Apt/Alb des Umbrisch-Marchischen Apennins besteht aus pelagischen Sedimentationszyklen der 100 m mächtigen Scisti a Fucoidi (Fucoidenmergel). Diese tiefmarinen Kalk-Mergel-Wechselfolgen heben sich aufgrund ihrer Mergel-Dominanz deutlich von den umgebenden Kalkkomplexen der Maiolica-Formation (Tithon bis Barreme) und der Scaglia-Formation (Cenoman bis Oligozän) ab. Die Scisti a Fucoidi sind nach der Spurenfossil-Gruppe der Fucoiden benannt, da die für dysaerobes Milieu charakteristischen Ichnospezies *Chondrites* und *Planolites* in der Formation weit verbreitet sind.

Die Erforschung der zyklischen Tiefwasser-Sedimentation im kretazischen Apennin wurde durch die Arbeit von SCHWARZACHER & FISCHER (1982) eingeleitet; die Autoren führten die pelagischen Sedimentationszyklen der Maiolica- und Scaglia-Fazies auf orbital induzierte Klimaschwankungen (Milankovitch-Zyklen) zurück. Die Kalk-Mergel-Wechselfolgen dieser Formationen reflektieren den Präzessionsindex (19-23 ka), der durch ein Kalk-Mergel-Paar dargestellt wird, sowie den Exzentrizitätsindex (ca. 100 ka), der einem Bündel aus 5 Paaren entspricht. Für den oberen Teil der Scisti a Fucoidi und die basale Scaglia-Formation konnten der Präzessions- und Exzentrizitätsindex von DE BOER (1983) und DE BOER & WONDERS (1984) nachgewiesen werden. DE BOER hatte bereits 1982 mit Hilfe stabiler $^{16}O/^{18}O$-Isotope Klima-Unterschiede zur Zeit der Ablagerung der Kalke und der Mergel belegt: während die Kalke kühle, trockene Perioden repräsentieren, charakterisieren die Mergel warme, humide Perioden.

Die unterschiedlichen zyklischen Abfolgen des Apt/Alb waren aus Aufschlüssen im Umbrischen Apennin gut bekannt. Um ihre Entstehung lückenlos über den gesamten Zeitraum ermitteln zu können, wurde im Jahre 1982 von einem Italienisch-Amerikanischen Team (I. PREMOLI SILVA, G. NAPOLEONE und A. G. FISCHER) westlich von Piobbico im Umbrischen Apennin ein Kern („Piobbico Core") gezogen, der ein Intervall von Oberalb (*P. buxtorfi*-Zone) bis Unterapt (*G. gottisi*-Zone) umfaßt. Die biologischen, chemischen und physikalischen Parameter wurden in einzelnen Abschnitten des Bohrkerns quantitativ analysiert. Damit konnte einerseits eine biostratigraphische Gliederung mit Hilfe von planktonischen Foraminiferen und Nannoplankton (TORNAGHI et al. 1989; ERBA 1988) erstellt werden; andererseits wurden die Umweltbedingungen rekonstruiert, die für die Entstehung der Zyklen verantwortlich waren (HERBERT & FISCHER 1986; HERBERT et al. 1986; PRATT & KING 1986; FISCHER & HERBERT 1988; PREMOLI SILVA, ERBA & TORNAGHI 1989; PREMOLI SILVA, RIPEPE & TORNAGHI 1989; FISCHER et al. 1991). Eine detaillierte palökologische Auswertung der Foraminiferen-Gesamtfauna, die die paläozeanographischen Daten zur Entstehung der Zyklen in wesentlichen Punkten zu noch offen gebliebenen Fragen ergänzt, wurde jedoch bislang nicht durchgeführt. Daher war es ein lohnendes Ziel, die Ergebnisse des Italo-Amerikanischen Teams durch diesen bedeutenden Aspekt zu ergänzen.

1.2 METHODIK UND ZIELE

Die vorliegende Arbeit basiert auf der Erstellung einer hochauflösenden Zyklostratigraphie der Scisti a Fucoidi, der biostratigraphischen Einstufung und der palökologischen Auswertung mit Hilfe der benthonischen und planktonischen Foraminiferen. Die Abfolge wurde im „one-centimetre" Stil in mehreren Aufschlüssen aufgenommen und beprobt, um eine dem Piobbico Core vergleichbare Auflösung zu gewinnen. Zur Analyse der Sedimentstrukturen, Mikrofazies, Diagenese und des Ablagerungsmilieus wurden von den tonärmeren Kalkbänken Anschliffe und Dünnschliffe angefertigt (NOÉ, zum Druck eingereicht). Von den Mergeln wurden insgesamt 700 Proben ausgeschlämmt. Daraus wurde die Foraminiferen-Gesamtfauna ausgelesen und auf Artebene bestimmt.

In 460 Schlämmproben aus 7 Teilabschnitten charakteristischer Sedimentationszyklen der Scisti a Fucoidi wurden die Häufigkeiten und Diversitäten der Foraminiferen-Taxa und -Gruppen semiquantitativ ausgewertet. Sie liefern zusammen mit den Häufigkeiten der Radiolarien und den sedimentologischen Daten wichtige Hinweise über die Steuerungsfaktoren der verschiedenen Zyklen, die mit unterschiedlichen paläozeanographischen Fluktuationen verknüpft sind. Mit den gewonnenen Daten konnten die für die planktonischen und benthonischen Foraminiferen relevanten Steuerungsfaktoren ermittelt werden.

DANK

Die vorliegende Arbeit widme ich meinem akademischen Lehrer, Herrn Prof. Dr. D. HERM, zum 60. Geburtstag. Ihm möchte ich für die Vergabe des interessanten Themas über einen aktuellen Aspekt im Rahmen der internationalen Kreide-Forschung und sein stetes Interesse am Fortgang der Arbeit herzlich danken. Die Untersuchungen wären nicht möglich gewesen ohne die großzügige finanzielle Unterstützung der DEUTSCHEN FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT (Projekt He 642/35).

Herrn Dipl.-Geol. P. ZUGEL, Bremen, bin ich für zahlreiche Diskussionen und die Hilfe am REM zu großem Dank verpflichtet. Folgenden Kollegen und Freunden gilt meine besonderer Dank: Herrn Dipl-Geol. E. SCHOLLHORN, Bremen, und Frau H. KUHLMANN, Erlangen, die mich bei den wichtigen Profilaufnahmen im Gelände begleiteten, sowie Herrn M. JOSUWEIT, Bremen, der viel Geduld bei der Anfertigung der Reinzeichnungen aufbrachte.

2. GEOLOGISCHE SITUATION DES NE-APENNINS UND LOKALITÄT DER PROFILE

Der NE-Apennin lag während der Kreide am Nordrand des Afrikanischen Kontinentalrandes, wo er durch das Umbrisch-Marchische Becken repräsentiert wurde. Der Sedimentationsraum unterlag in der Zeit von Lias bis Oligozän einer von tektonischer Extension und Subsidenz gesteuerten passiven Kontinentalrand-Entwicklung. In Verbindung mit der Öffnung des Nordatlantiks und des Ligurischen Ozeans im Westen zerbrach im Jura eine ehemals ausgedehnte Karbonatplattform, deren Nord- und Westteil ertranken. Dabei entstand ein nahezu isolierter passiver Kontinentalrand mit einer ausgeprägten Horst-Graben-Topographie. Nur der Südteil der Plattform, die Lazio-Abruzzi-Karbonatplattform, blieb bis ins Oligozän stabil. Das Umbrisch-Marchische Becken lag nördlich dieser Plattform auf ausgedünnter Kruste des südöstlichen Ligurischen Ozeans. Während des Zeitabschnitts Tithon bis unterstes Apt wurde die Topographie leicht durch die Ablagerung pelagischer Nannoplankton-Kalke (Maiolica) ausgeglichen. Slumps und Turbidite zeugen jedoch von synsedimentären Bewegungen, die an den block faults noch aktiv waren. Die vorherrschend mergelige Tiefwasser-Sedimentation im Apt/Alb (Scisti a Fucoidi) spiegelt die nachfolgende Stagnation der differenzierten Subsidenz im NE-Apennin wider. Infolge der tektonischen Inaktivität, die bis ins Unterturon andauerte, wurden die Reliefunterschiede im Becken vollständig durch die pelagische Karbonatsedimentation (Scaglia Bianca) eliminiert. Ein Überblick über die sedimentäre und tektonische Entwicklung findet sich bei CRESCENTI et al. (1969), CENTAMORE et al. (1986), CALAMITA et al. (1986) und MONTANARI et al. (1989).

Heutige Grenzen des Umbrisch-Marchischen Apennins sind im W die Toscanischen Decken, im N der Chaotische Komplex des Val Marechia, im E das Adriatische Meer und im S, getrennt durch die Ancona/Anzio-Linie, die Lazio-Abruzzi-Karbonatplattform sowie die vulkanische Provinz Latium (Abb. 1). An 5 Lokalitäten wurden Teilabschnitte des Apt und Alb beprobt. Die Profile Apecchiese (APE), Fiastra (FI) und Leonessa (LE) wurden im Umbrisch-Marchischen Antiklinorium NW der Lazio-Abruzzi-Plattform aufgenommen, wo jurassische bis alttertiäre Gesteinsserien zutage treten. Die Profile Villa Nova (VN) und Montagna dei Fiori (MF) liegen östlich dieses Antiklinoriums in zwei isolierten, von randlichen Überschiebungen begrenzten kretazischen Aufbrüchen, die von den flyschartigen Sedimenten der jungtertiären Tröge des Marchischen Apennins umgeben sind. Die nördlichen Profile (APE, VN), die sich in distaler Position zur Lazio-Abruzzi-Karbonatplattform befinden, wurden von Flachwasser-Schüttungen überhaupt nicht, das weiter im S gelegene Profil FI nur minimal davon beeinflußt. Diese Profile sind ausschließlich aus pelagischen Zyklen zusammengesetzt. In den proximal gelegenen Profilen LE und MF dagegen konnte die pelagische Sedimentation, die im Apt infolge synsedimentärer Bewegungen an der Ancona/Anzio-Linie vollkommen von Flachwasser-Eintrag unterdrückt war, erst wieder im Alb einsetzen; auf diese Profile wird in der vorliegenden Arbeit nicht näher eingegangen.

Profil APE umfaßt den unteren Abschnitt, Profil FI den Mittelteil und Profil VN den oberen Abschnitt der pelagischen Sedimentation des Apt/Alb in plus/minus distaler Position zur

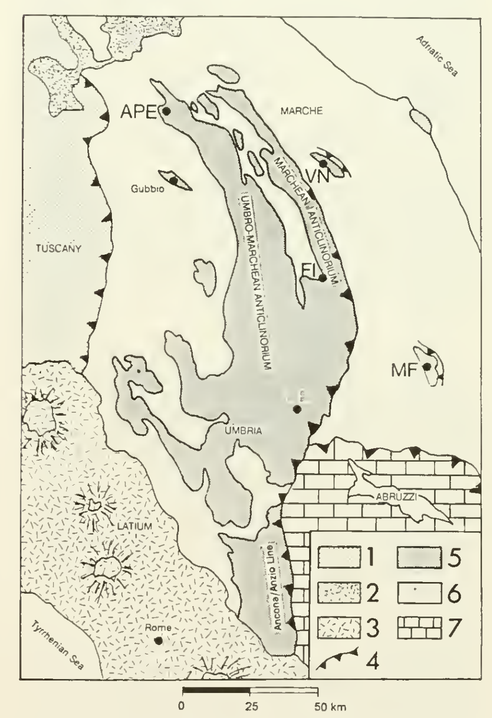


Abb. 1: Vereinfachte geologische Karte des Nordapennins. (1) Toskanische Decken; (2) Chaotischer Komplex von Val Marecchia; (3) Vulkanische Provinz Latium; (4) Überschiebungsbahn; (5) Unterjurassische bis oligozäne Tiefwasser-Karbonate; (6) Jungtertiäre syn- und postorogene Siliziklastika; (7) Obertriassische bis oligozäne Plattformkarbonate.

Profile: APE = Apecchiese; VN = Villa Nova; FI = Fiastra; LE = Leonessa; MF = Montagna dei Fiori.

Lazio-Abruzzi Plattform. Mit Ausnahme einer Aufschlußlücke von 11 m, die das obere Oberapt und die Basis des Unteralb (gesamte *T. bejaouaensis*-Zone und unterer Teil der *H. planispira*-Zone) betrifft, konnte die Abfolge der Scisti a Fucoidi vollständig bearbeitet werden.

3. ZYKLOSTRATIGRAPHIE DER SCISTI A FUCOIDI

Die 100 m mächtige pelagische Abfolge der Scisti a Fucoidi im Umbrisch-Marchischen Becken wurde aufgrund der Lithologie (Gehalt an $CaCO_3$, Tonmineralien, SiO_2 und organischer Substanz) und der Färbung von der Basis zum Top in 5 Members untergliedert:

1. Selli Level
2. Untere Kalk-Mergel-Wechsellagerung
3. Bräunliche Mergel
4. Redox-Zyklen
5. Obere Kalk-Mergel-Wechsellagerung mit Überlagerung von Redox-Zyklen und $CaCO_3$/SiO_2-Zyklen.

Das Selli Level, die Redox-Zyklen und v. a. die Obere Kalk-Mergel-Wechsellagerung zeigen intern einen Wechsel unterschiedlicher Sedimentationszyklen, was eine weitere Unterteilung erforderlich machte. Die Scisti a Fucoidi einschließlich der Basis der Scgalia Bianca wurden daher in insgesamt 18 Einheiten aufgegliedert (s. Übersichtsprofil Abb. 2 sowie Detailprofile Abb. 3-8).

3.1 MEMBER 1: SELLI LEVEL

Die Basis der Scisti a Fucoidi ist durch den ersten Schwarzschiefer-Horizont der Mittelkreide (OAE 1 nach Arthur & Schlanger 1979), das Selli Level, charakterisiert. Member 1 setzt sich aus den Einheiten 1 und 2 zusammen (Profil APE; Abb. 2, Section I; Abb. 3).

3.1.1 Einheit 1: Selli Level *sensu stricto*

Das Selli Level wird von der Maiolica-Formation unterlagert, die bereits Unterapt-Alter (*G. blowi*-Zone) besitzt. Sie besteht aus hellgrauen Nannoplankton-Kalken, in die dünne dunkelgraue Mergellagen und schwarze SiO_2-Lagen eingeschaltet sind. Von dunklen Mergeln überlagerte Kalke weisen am Top stets *Planolites* auf. Die höchsten Kalkbänke der Maiolica zeigen in vielen Profilen slumping-Erscheinungen. Neben den Gravitationsvorgängen waren vermutlich auch Bodenströmungen aktiv, worauf ein Megarippel-ähnlicher Verlauf der obersten Maiolica-Bank im Profil APE schließen läßt.

Das 2,4 bis 2,6 m mächtige Selli Level besteht aus einer karbonatfreien Wechsellagerung von bräunlichen Radiolarien-Siltsteinen, grünen Tonsteinen und Schwarzschiefern.

Die Basis des Selli Levels ist durch einen abrupten Wechsel von den hellen Maiolica-Kalken zu weichen, dunklen Gesteinen markiert. Die Abnahme des Karbonatgehaltes erfolgt hingegen graduell in den basalen 40 cm: bis zur ersten 4 cm mächtigen Schwarzschiefer-Lage alternieren grünlichgraue Mergel mit gelblich-bräunlichen Radiolarien-Biomikriten bis karbonatfreien Radiolarien-Siltsteinen im 1-4 cm-Bereich. Mit der Schwarzschiefer-Lage, die zahlreiche Radiolarien und Fischreste enthält, wird eine 1 m mächtige karbonatfreie Folge aus grünen Tonsteinen und Radiolarien-Siltsteinen eingeleitet. Der obere Teil des Selli Levels ist durch 90 cm mächtige, nahezu fossilfreie Schwarzschiefer mit dünnen Zwischenlagen von grünen Tonsteinen und Radiolarien-Siltsteinen gekennzeichnet. Diese black shales bestehen überwiegend aus stark kompaktierter organischer Substanz; sie sind karbonatfrei. Bis auf vereinzelt auftretende mm-Laminationen durch Radiolarien-Anreicherungen weisen sie keine Internschichtung und keine Bioturbation auf. Das Selli Level schließt mit einer 30 cm mächtigen Wechsellagerung aus grünen Tonsteinen und Radiolarien-Siltsteinen ab. Alter: Unterapt (*G. blowi*-Zone).

Im FI- und LE-Profil und in einigen, in der Umgebung von Foligno aufgenommenen Profilen sowie in zahlreichen, von Coccioni et al. (1989 b) im Umbrisch-Marchischen Apennin beprobten Profilen dominieren generell im unteren Teil des Selli Levels grüne Tonsteine und Radiolarien-Siltsteine, im oberen Abschnitt dagegen black shales.

Die im gesamten Selli Level zyklisch auftretenden Häufigkeits-Peaks der Radiolarien, die in den unterschiedlich mächtigen Radiolarien-Siltstein-Bänken liegen, stellen Produktivitätszyklen des kieseligen Mikroplanktons dar (De Boer, 1983; Fischer et al. 1985). Die einzelnen Peaks können in 3 Bündel zusammengefaßt werden.

3.1.2 Einheit 2: Wechsellagerung von grüngrauen Kalken und Mergeln

Eine 10 cm mächtige, mergelige Kalkbank überlagert die kieselig-tonig-organischen Sedimente des OAE 1 und leitet die kalkig-mergelige Sedimentation des Apt/Alb ein. Einheit 2 besteht aus einer 2,3 m mächtigen Wechsellagerung von grüngrauen mergeligen Kalken, Kalkmergeln und Mergeln. Sie zeichnet sich im unteren Teil durch eine rasch zurückgehende Radiolarien-Häufigkeit aus, die im oberen Teil jedoch wieder zunimmt. Die Radiolarien sind entweder in Mergellagen angereichert oder in der Mitte der Kalkbänke konzentriert; diese Lagen sind teilweise verkieselt. Alter: oberstes Unterapt und basales Oberapt (Top der *G. blowi*-Zone und *L. cabri*-Zone).

3.2 MEMBER 2: UNTERE KALK-MERGEL-WECHSELLAGERUNG

Member 2 entspricht Einheit 3 (Profil APE repräsentiert die Basis, Profil FI den mittleren und oberen Teil des Übersichtsprofils; Abb. 2, Section II; Abb. 4).

Die Untere Kalk-Mergel-Wechsellagerung der Scisti a Fucoidi ist durch einen abrupten Umschwung zu roten Farben deutlich von den unterlagernden Einheiten abgegrenzt. In den

untersuchten Profilen konnten 18,2 m beprobt werden, die den größten Teil des Oberapt umfassen; die letzten Schichten unter der Aufschlußlücke liegen vermutlich nahe am Top der *H. trocoidea*-Zone. Nach COCCIONI et al. (1989a) umfaßt das Member die gesamte *T. bejaouaensis*-Zone (oberstes Oberapt und basales Unteralb). Die Wechselfolge besteht aus alternierend karbonatreicheren und karbonatärmeren Intervallen, die überwiegend durch Kalkmergel und Mergel repräsentiert sind, während Kalke fast völlig fehlen. Der Unterschied im Kalkgehalt zwischen einem kalkreicheren und einem kalkärmeren Intervall beträgt nach DE BOER (1983) 5-15 %.

Der untere Teil der *G. ferreolensis*-Zone (Abb. 4) hebt sich von diesem Muster durch drei 25-35 cm mächtige Kalkbänke ab. Im oberen Drittel dieser Zone hat sich ein regelmäßiger Kalkmergel/Mergel-Rhythmus etabliert, wobei die Mergel ca. 70 cm, die Kalkmergel 10-15 cm mächtig sind. Von der obersten *G. ferreolensis*-Zone bis zur Basis der *H. trocoidea*-Zone unterbrechen drei in unterschiedlichen Profilabständen auftretende Mergel-Intervalle von 60-120 cm Mächtigkeit diesen Zyklus.

Die Gesteine sind überwiegend tiefrot. Grüne Flecken gehen auf frühdiagenetische Reduktionsvorgänge im Sediment zurück. Einige dünne hellgrüne Mergellagen stellen im Gegensatz zu den umgebenden Foraminiferen-reichen Gesteinen Radiolarien-Sande dar. Ferner treten Radiolarien in unterschiedlichen Häufigkeiten neben planktonischen Foraminiferen in der gesamten *G. ferreolensis*-Zone und unteren *G. algerianus*-Zone auf. In der mittleren *G. algerianus*-Zone setzen sie vollkommen aus und erscheinen erneut in der *H. planispira*-Zone.

Infolge schwankender Mächtigkeit der karbonatreicheren Schichten wird die Wechsellagerung von kalkreicheren und kalkärmeren Intervallen auf Produktivitätszyklen von kalkigem Nannoplankton - überwiegend Nannoconiden - zurückgeführt, wobei Nannoconiden-Blooms Perioden mit kühlem durchlüftetem fertilem Oberflächenwasser charakterisieren (PREMOLI SILVA, ERBA & TORNAGHI 1989; FISCHER et al. 1991). Die karbonatärmeren Intervalle dagegen repräsentieren Zeiten mäßiger Fertilität in der Wassersäule. Im unteren und mittleren Teil des Members dominieren in den Mergeln planktonische Foraminiferen.

3.3 MEMBER 3: BRÄUNLICHE MERGEL

Member 3 entspricht Einheit 4 (Profil APE; Abb. 2, unterer Teil von Section III; entspricht dem Abschnitt „Marlstones" in Abb. 5).

Die bräunlichen Mergel, die den oberen Teil der *H. planispira*-Zone (Unteralb) aufbauen, stellen den Top des „Membro argilloso marrone" von COCCIONI et al. (1989 a) dar,

Abb. 2: Stratigraphie der Scisti a Fucoidi, zusammengesetzt aus den Profilen APE (unterer Teil), FI (mittlerer Teil) und VN (oberer Teil). Limestones = oberste Kalke der Maiolica; Maiol = Maiolica; S.L. = Selli Level; Lower Limestone/Marlstone Alternation = Untere Kalk-Mergel-Wechsellagerung; MS = Bräunliche Mergel; Redox Cycles = Redox-Zyklen; Upper Limestone/Marlstone Alternation Modified by Redox Cycles and $CaCO_3/SiO_2$ Cycles = Obere Kalk-Mergel-Wechsellagerung, modifiziert durch Redox-Zyklen und $CaCO_3/SiO_2$ Zyklen; Limestones = basale Kalke der Scaglia; E.AL. = Early Albian; Early Cenoman = Early Cenomanian; B.b = *B. breggiensis*; Sections in detail = Spezialprofile mit Detailauswertung, dargestellt in Abb. 3-8; Planktonic Forams Zones = Planktonische Foraminiferen-Zonen. Legende s. Abb. 9.

das nach diesen Autoren an der Basis der *H. planispira*-Zone einsetzt. Im 1,75 m mächtigen aufgeschlossenen Profilabschnitt dominieren Mergel und Kalkmergel, während Kalke fast völlig fehlen. Eine zyklische Abfolge der karbonatreicheren und karbonatärmeren Intervalle wie in Member 2 ist jedoch nicht ausgebildet. Einheit 4 ist durch einen auffallend hohen Anteil an detritischem Quarz im unlöslichen Rückstand der Mergel charakterisiert. Radiolarien sind im unteren und oberen Teil der Einheit häufig.

Stark korrodierte Gehäuse der planktonischen Foraminiferen sowie die Dominanz von Ton weisen auf Karbonatlösung am Meeresboden hin. Daher ist keine zyklische Kalk-Mergel-Wechsellagerung entwickelt.

3.4 MEMBER 4: REDOX-ZYKLEN

Member 4 umfaßt die Einheiten 5 und 6.

3.4.1 Einheit 5: Übergangszone zu den Redox-Zyklen (Profil APE; Abb. 2, oberer Teil von Section III; entspricht dem Abschnitt „Transition to Redox Cycles" in Abb. 5)

Die 2,20 m mächtige Übergangszone besteht aus den ersten Redox-Zyklen der Formation, in die vereinzelt noch bräunliche Mergel eingeschaltet sind. Die Einheit beginnt mit einer grüngrauen Kalkbank, die einen nahezu symmetrischen Redox-Zyklus einleitet. Nach einem letzten braunen Mergel setzt eine unregelmäßige Wechsellagerung von unterschiedlich mächtigen grünen und schwarzen Mergeln bis Kalkmergeln ein, die sich von den überlagernden Redox-Zyklen der Einheit 6 v. a. durch das Vorhandensein von Radiolarien unterscheidet. Der Quarzanteil im unlöslichen Rückstand ist im basalen Teil gegenüber den Bräunlichen Mergeln (Member 3) bereits stark verringert und geht danach vollkommen zurück. In diesem Abschnitt sind im Profil APE zwei dunkelrote Tonhorizonte eingeschaltet. Alter: Top der *H. planispira*-Zone und basale *T. primula/H. rischi*-Zone (Top des Unteralb und basales Mittelalb).

3.4.2 Einheit 6: Redox-Zyklen (Profile APE und FI; Abb. 2, Section IV. 3 Zyklen aus dem unteren Teil der Einheit von Profil APE sind im Abschnitt „Redox Cycles" von Abb. 5 dargestellt. Die Basis der Einheit 6 ist in Abb. 5 nicht erfaßt (Schichtlücke))

Die Redox-Zyklen werden von einem markanten 1,3 m mächtigen Schwarzmergel-Horizont eingeleitet, der als lithostratigraphischer Marker im gesamten Umbrisch-Marchischen Becken ausgebildet ist. In diesen Horizont ist im Profil FI eine geringmächtige grüngraue Mergellage zwischengeschaltet (Abb. 2).

Darüber folgt eine 25,7 m mächtige Serie aus symmetrischen Redox-Zyklen. Diese zeigen im Idealfall folgende Sequenz: hellgrüner mergeliger Kalk - grüngrauer Kalkmergel - grüngrauer Mergel - dunkel grüngrauer Mergel - schwarzer Mergel - dunkel grüngrauer Mergel - grüngrauer Mergel - grüngrauer Kalkmergel - hellgrauer mergeliger Kalk. Die dunkel grüngrauen Mergel sind meist von *Chondrites* und *Planolites* durchsetzt. Die 30-50 cm mächtigen mergeligen Kalkbänke, die im Gelände aufgrund stärkerer Verwitterungsresistenz hervortreten, stellen Endmembers von Bündeln aus mehreren Kleinzyklen dar. Diese Bündel bestehen aus einem auffallend mächtigen (25-50 cm) feinlaminierten Schwarzmergel-Horizont im Zentrum und flankierenden kleinmaßstäblichen Redox-Zyklen aus geringermächtigen (3-20 cm) grünen, dunkel grüngrauen und schwarzen homogenen Mergeln. Über dem basalen Schwarzmergel-Horizont treten elf mächtige Schwarzmergel-Lagen periodisch in Abständen von 0,6 bis 3,1 m, im Mittel im Abstand von 2 m auf; ein streng zyklisches Auftreten ist jedoch nicht erkennbar (Abb. 2). Die Redox-Zyklen zeichnen sich durch eine ausgesprochene Radiolarien-Armut aus. Alter: untere *T. primula/H. rischi*-Zone bis basale *T. praeticinensis*-Subzone (Mittelalb bis basales Oberalb).

Nach geochemischen Analysen von Premoli Silva, Erba & Tornaghi (1989) an zeitgleichen und lithologisch äquivalenten Zyklen im Piobbico Core spiegeln die Redox-Zyklen Fluktuationen der Primärproduktivität wider, die den kleinmaßstäblichen Zyklen aus grünen und schwarzen Mergeln zugrunde liegen. Sie werden von Fluktuationen der Karbonatproduktivität überlagert, die sich in den hellgrauen kalkigen Endmembers eines Bündels abzeichnen. Gemäß den Autoren stellt das Unter- bis Mittelalb eine Periode mit globalen Warmwasserbedingungen, stark verminderter Ventilation des Tiefenwassers und geringer bis mäßiger Fertilität dar. Die schwarzen Mergel im allgemeinen und insbesondere die laminierten Schwarzmergel im Zentrum eines Bündels wurden demnach in Zeiten mäßiger Fertilität gebildet. Infolge der geringen Wasserzirkulation konnte nur ein Teil des produzierten organischen Materials abgebaut werden. Die nachfolgende Sauerstoff-Verarmung der tieferen Wasserschichten war für die Ablagerung und Speicherung des restlichen organischen Materials am Meeresboden verantwortlich. Im Gegensatz dazu wurde in Perioden geringer Fertilität nur wenig organische Substanz produziert, die am Meeresboden vollständig oxidiert werden konnte; solche Intervalle manifestieren sich in grünen Mergellagen.

3.5 MEMBER 5: OBERE KALK-MERGEL-WECHSELLAGERUNG

Member 5 ist aufgrund unterschiedlicher Sedimentationszyklen in 11 Einheiten (7-17) untergliedert; der oberste Teil von Einheit 17 sowie Einheit 18 gehören aus biostratigraphischen Gründen (Kap. 4) bereits zur Scaglia-Formation. Der untere Abschnitt bis zur Basis von Section V entspricht dem Profil FI, der gesamte darüberfolgende Teil dem Profil VN (Abb. 2, Sections V-VII; Detailprofile: Abb. 6 bis 8). Die Einheiten sind in den Detailprofilen nicht eingezeichnet.

3.5.1 Generelle Trends

Im Gegensatz zu den Mergel-dominierten Einheiten des unteren Teils der Scisti a Fucoidi wird der obere Abschnitt von einer kalkigeren Sedimentation bestimmt, und hellere Farben (grünlich, rötlich, grau bis weißlich) dominieren. Die 41,5 m mächtige Obere Kalk-Mergel-Wechsellagerung ist periodisch - nicht in streng zyklischen Abständen - von Redox-Zyklen und von $CaCO_3/SiO_2$-Zyklen überlagert. Beide Zyklen-Arten sind bündelweise eingeschaltet und nicht miteinander verknüpft.

Gegenüber den mächtigen Redox-Zyklen von Member 4 weisen die schwarzen Mergel der Oberen Kalk-Mergel-Wechsellagerung mit 2-5 cm eine viel geringere Mächtigkeit auf. Ferner tritt meist nur ein Schwarzmergel-Horizont innerhalb eines Redox-Zyklus auf. An dunkle Mergel angrenzende Kalke sind oft von *Planolites*, seltener von *Chondrites* durchsetzt. Die $CaCO_3/SiO_2$-Zyklen sind durch Radiolarien-Anreicherungen in der Mitte von Foraminiferen-reichen Kalkbänken oder in Mergellagen charakterisiert. Durch diagenetische Lösung und Wiederausfällung des SiO_2 infolge von pH-Wert-Schwankungen entstanden aus Radiolarien-Biomikriten zunächst unvollständig randlich verkieselte Lagen und schließlich amorphe cherts. Der Karbonatgehalt nimmt in der Abfolge nach oben kontinuierlich zu, der Tongehalt entsprechend ab; die Kalkbänke werden mächtiger, die Mergellagen geringermächtig.

Die Kalk-Mergel-Paare spiegeln Fluktuationen der Karbonatproduktivität wider. Diese Schwankungen drücken sich allein in der Häufigkeit der Nannoconiden aus, da der Anteil an planktonischen Foraminiferen im Sediment unabhängig von der Lithologie sehr hoch ist, was eine generell hohe Produktivität von kalkigem Mikroplankton belegt. Planktonische Foraminiferen fehlen lediglich in Radiolarien-Anreicherungshorizonten, die v. a. in Foraminiferen-Biomikrite, nur selten dagegen in Mergellagen eingeschaltet sind. Diese Horizonte gehen auf eine kurzzeitig erhöhte Produktivität von kieseligem Plankton im Oberflächenwasser bei unverändert hoher Produktion von kalkigen Nannofossilien und planktonischen Foraminiferen zurück. Die kalkigen Gehäuse wurden jedoch synsedimentär unter sauren pH-Bedingungen am Meeresboden gelöst. Die $CaCO_3/SiO_2$-Zyklen sind demnach durch Produktivitätsschwankungen von kalkigem Nannoplankton und kieseligem Mikroplankton bedingt (vgl. ARTHUR et al. 1984). Die geringmächtigen Redox-Zyklen repräsentieren entsprechend denen von Member 4 Fluktuationen der Primärproduktivität, die von Fluktuationen der Karbonatproduktivität überlagert sind. Im Gegensatz zu Member 4 sind die grünen und schwarzen Mergellagen eines gesamten Redox-Zyklus nur wenige cm mächtig, während die umgebenden Endmembers aus 20-30 cm dicken Kalkbänken bestehen. Dies deutet auf eine nur kurzzeitige Sauerstoff-Verarmung des Bodenwassers hin.

Die Obere Kalk-Mergel-Wechsellagerung reicht von der unteren *T. praeticinensis*-Subzone (unteres Oberalb) bis zur Basis der *R. brotzeni*-Zone (Alb/Cenoman-Grenze). Der lithologische Übergang von den Scisti a Fucoidi zur Scaglia Bianca ist graduell; die Basis der Scaglia wurde mit der Alb/Cenoman-Grenze gleichgesetzt.

3.5.2 Einheit 7 (Profil FI; Abb. 2)

2,7 m mächtige Kalk-Mergel-Wechsellagerung, im unteren Teil grünlich, darüber rötlich; die Mächtigkeit der Kalkbänke und Mergellagen schwankt zwischen 2 und 20 cm. Im rötlichen Abschnitt tritt detritischer Quarz auf. Radiolarien sind auf wenige Horizonte beschränkt. Alter: untere *T. praeticiensis*-Subzone (unteres Oberalb).

3.5.3 Einheit 8 (Profil FI; Abb. 2)

3,25 m mächtige, überwiegend grünliche Kalk-Mergel-Wechsellagerung, die von SiO_2-Zyklen überprägt ist; die drei eingeschalteten grüngrauen Kiesellagen folgen in großen Abständen aufeinander. Alter: untere *T. praeticinensis*-Subzone.

3.5.4 Einheit 9 (Profil FI; Abb. 2)

4,5 m mächtige, graue Kalk-Mergel-Wechselfolge, modifiziert durch Redox-Zyklen und $CaCO_3/SiO_2$-Zyklen. Bankdicke der Kalke 10-26 cm, der Mergel 2-7 cm. Die Kalke alternieren fast ausschließlich mit schwarzen Mergeln, grüne Mergel fehlen meist. Graue Kiesellagen sind in jede zweite Kalkbank eingeschaltet. Die oberen 1,25 m dieser Abfolge, die stark stylolithisiert sind, weisen nur eine SiO_2-Lage auf. Der Top der Einheit ist durch die vorerst letzte Schwarzmergel-Lage charakterisiert. Alter: mittlere *T. praeticinensis*-Subzone.

3.5.5 Einheit 10 (Profil FI; Basis von Section V in Abb. 2; Basis von Abb. 6)

3,20 m mächtige, graue, stark von Drucklösung überprägte Kalk-Mergel-Wechsellagerung mit zyklisch in geringen Abständen eingeschalteten grauen SiO_2-Lagen. Bankdicke der Kalke: 20-30 cm, Mächtigkeit der Mergel: 2-4 cm. Die Kalke sind schichtparallel von „smooth stylolites" durchzogen, die ehemalige Mergellagen markieren. Alter: mittlere bis obere *T. praeticinensis*-Subzone.

3.5.6 Einheit 11 (Profil VN; Section V und Basis von Section VI in Abb. 2; Abb. 6 und Basis von Abb. 7)

6 m mächtige, überwiegend rötliche, untergeordnet grünliche Wechsellagerung aus Kalken, Kalkmergeln und Mergeln, überprägt von SiO_2-Zyklen, die im Abstand von 75-88 cm auftreten. Nur ein Redox-Zyklus unterbricht diese Sedimentation in der Mitte der Abfolge. Bankdicke der Kalke 8-12 cm, der Mergel 2-6 cm. Die Einheit ist an Basis und Top von 25 cm mächtigen roten Mergellagen begrenzt. Von dieser Einheit bis zum Top der Scisti a Fucoidi finden sich die SiO_2-Peaks in allen Übergängen von Radiolarien-Biomikriten bzw. Radiolarien-reichen Mergeln über eine unvollständige Verkieselung der Kalke bis zu cherts. Alter: obere *T. praeticinensis*-Subzone bis untere *R. ticinensis*-Zone (mittleres bis oberes Oberalb).

3.5.7 Einheit 12 (Profil VN; unterer Teil von Section VI in Abb. 2; unterer Profilabschnitt in Abb. 7)

1,2 m mächtige Kalk-Mergel-Abfolge aus drei 4-8 cm mächtigen, grünlichen Kalk-Mergel-Paaren. Die Wechsellagerung beginnt mit einer 15 cm mächtigen hellgrauen Kalkbank und wird am Top von einer 18 cm mächtigen hellen Kalkbank begrenzt, die von einer grauen SiO_2-Lage durchzogen ist. Alter: mittlere *R. ticinensis*-Zone (oberes Oberalb).

3.5.8 Einheit 13 (Profil VN; oberer Teil von Section VI und Basis von Section VII in Abb. 2; oberer Profilabschnitt in Abb. 7 und unterer Abschnitt in Abb. 8)

3,8 m mächtige, grünliche und rötliche Kalk-Mergel-Wechsellagerung, in unregelmäßigen Abständen von Redox-Zyklen durchsetzt. Die Mächtigkeit der Schwarzmergel der oberen Kalk-Mergel-Wechsellagerung der Scisti a Fucoidi ist mit 2-5 cm generell geringermächtig als die der Redox-Zyklen

von Member 4. Radiolarien sind untergeordnet in manchen Mergeln zu finden, unabhängig von der Lithologie; SiO_2-Lagen sind dagegen nicht ausgebildet. Alter: mittlere und obere *R. ticinensis*-Zone (oberes Oberalb).

3.5.9 Einheit 14 (Profil VN; Mittelteil von Section VII in Abb. 2; mittlerer Profilabschnitt in Abb. 8)

2,5 m mächtige, rötliche und grünliche Kalk-Mergel-Wechsellagerung mit bündelweise auftretenden Radiolarien-Peaks, die an keine bestimmte Lithologie gebunden sind. Schwarzmergel fehlen. Die Bankdicke der Kalke nimmt nach oben leicht zu. Alter: Top der *R. ticinensis*-Zone und basale *R. appenninica*-Zone (oberes Oberalb und basales Vraconnian).

3.5.10 Einheit 15 (Profil VN; oberer Teil von Section VII in Abb. 2; oberer Profilabschnitt in Abb. 8)

2,9 m mächtige, grünliche und hellgraue Kalk-Mergel-Wechsellagerung, modifiziert durch $CaCO_3/SiO_2$-Zyklen wie in Einheit 14. Im unteren Teil treten außerdem Redox-Zyklen auf. Helle Scaglia-ähnliche, bis 25 cm mächtige Kalke treten hier erstmals auf. Alter: untere *R. appenninica*-Zone (unteres Vraconnian).

3.5.11 Einheit 16 (Profil VN; Abb. 2)

2,5 m mächtige, grünliche Kalk-Mergel-Wechselfolge, im unteren und oberen Teil von Redox-Zyklen modifiziert. Alter: untere *R. appenninica*-Zone.

3.5.12 Einheit 17 (Profil VN; Abb. 2)

9 m mächtige, schwach rötliche bis hellgraue Kalk-Mergel-Wechsellagerung mit in größeren Abständen bündelweise eingeschalteten SiO_2-Zyklen. $CaCO_3$-Gehalt und Mächtigkeit der Scaglia-ähnlichen Kalkbänke nehmen rasch zu, parallel dazu geht die Mächtigkeit der Mergellagen zurück. Am Top der Einheit, die aufgrund des Erstauftretens von *R. brotzeni* bereits ins Untercenoman und damit zur Scaglia Bianca gehört, werden die Kalkbänke nur noch von Stylolithen unterteilt. Alter: mittlere und obere *R. appenninica*-Zone und Basis der *R. brotzeni*-Zone (oberes Vraconnian und Untercenoman).

3.5.13 Einheit 18 (Profil VN; Abb. 2)

6,5 m mächtige, weißliche Scaglia-Kalke mit Mergelfugen. Im unteren Teil finden sich die letzten 3 dunkelgrauen Mergel, die unmittelbar von weißlichen Kalkbänken umgeben sind. Im oberen Abschnitt setzen die ersten roten Kiesellagen ein, die für die basale Scaglia Bianca charakteristisch sind. Alter: untere *R. brotzeni*-Zone (Untercenoman).

Deutliche Faziesunterschiede der Scisti a Fucoidi zwischen den beprobten Profilen APE, FI und VN und der im Piobbico Core durchteuften Abfolge, die sich v. a. in der Sedimentation organischer Substanz (Redox-Zyklen) und Radiolarien ($CaCO_3/SiO_2$-Zyklen) niederschlagen, zeichnen sich besonders stark im Selli Level und in der *T. praeticinensis*-Subzone ab. Die lithologischen Unterschiede könnten durch das noch nicht völlig ausgeglichene jurassische Blockschollen-Relief am Meeresboden verursacht sein. Erst im oberen Oberalb herrschten über weite Bereiche einheitliche Bedingungen.

4. BIOSTRATIGRAPHIE

Die Biostratigraphie basiert auf einer Zonengliederung mit planktonischen Foraminiferen, die nach SLITER (1989) vorgenommen wurde. Mit Ausnahme der Aufschlußlücke, die das obere Oberapt und basale Unteralb umfaßt, konnten alle von SLITER für den Zeitbereich Apt/Alb aufgestellten Zonen der niedrigen Breiten in den untersuchten Profilen nachgewiesen werden.

Biozonen von der Basis zum Top

1. *Globigerinelloides duboisi*-Zone

Untergrenze: Erstauftreten von *Globigerinelloides duboisi* (CHEVALIER)
Obergrenze: Erstauftreten von *Globigerinelloides blowi* (BOLLI)
Zonenart: partial range zone
Alter: Unterapt
Mächtigkeit des beprobten Abschnitts: 3 m
Reichweite im Übersichtsprofil: oberste Maiolica-Formation; die Untergrenze wurde bei der Beprobung nicht erfaßt.

2. *Globigerinelloides blowi*-Zone

Untergrenze: Erstauftreten von *Globigerinelloides blowi* (BOLLI)
Obergrenze: Erstauftreten von *Leupoldina cabri* (SIGAL)
Zonenart: partial range zone
Alter: Unterapt
Mächtigkeit im Übersichtsprofil: 5,5 m
Reichweite im Übersichtsprofil: von den obersten Lagen der Maiolica-Formation bis zur Mitte der Einheit 2; umfaßt die gesamte Einheit 1.

3. *Leupoldina cabri*-Zone

Untergrenze: Erstauftreten von *Leupoldina cabri* (SIGAL)
Obergrenze: Erstauftreten von *Globigerinelloides ferreolensis* MOULLADE
Zonenart: partial range zone
Alter: basales Oberapt
Mächtigkeit: 1,5 m
Reichweite: oberer Teil der Einheit 2 und Basis von Einheit 3

4. *Globigerinelloides ferreolensis*-Zone

Untergrenze: Erstauftreten von *Globigerinelloides ferreolensis* MOULLADE
Obergrenze: Erstauftreten von *Globigerinelloides algerianus* CUSHMAN & TEN DAM
Zonenart: partial range zone
Alter: unteres Oberapt
Mächtigkeit: 4,5 m
Reichweite: unterer Teil der Einheit 3 (ohne Basis)

5. *Globigerinelloides algerianus*-Zone

Untergrenze: Erstauftreten von *Globigerinelloides algerianus* CUSHMAN & TEN DAM
Obergrenze: Aussterben von *G. algerianus*
Zonenart: total range zone
Alter: mittleres Oberapt
Mächtigkeit: 8,75 m
Reichweite: mittlerer Teil der Einheit 3

6. *Hedbergella trocoidea*-Zone

Untergrenze: Aussterben von *Globigerinelloides algerianus* CUSHMAN & TEN DAM
Obergrenze: nicht aufgeschlossen; im Piobbico Core: Erstauftreten von *Ticinella bejaouaensis* SIGAL
Zonenart: partial range zone
Alter: oberes Oberapt
Mächtigkeit des beprobten Profilabschnitts: 4,5 m
Reichweite: oberer Teil von Einheit 3 (ohne Top)

Bemerkungen: Die Zone entspricht zeitlich der *Hedbergella gorbachikae*-Zone von SLITER. Da *H. gorbachikae* in den beprobten Profilen sehr selten, *H. trocoidea* dagegen häufig erscheint, wurde die Zone nach der häufigeren *Hedbergella*-Art benannt (vgl. TORNAGHI et al. 1989). Die Mächtigkeit der Zone beträgt im Piobbico Core 2,45 m, im beprobten Profil dagegen 4,5 m.

Die total range zone von *Ticinella bejaouaensis* SIGAL ist in den beprobten Profilen nicht aufgeschlossen. Die Zone reicht nach SLITER (1989) bis an die Apt/Alb-Grenze; nach TORNAGHI et al. (1989) hingegen liegt die Apt/Alb-Grenze im Piobbico Core in der oberen *T. bejaouaensis*-Zone. Aufgrund der schlecht erhaltenen planktonischen Foraminiferen in diesem Abschnitt läßt sich die Apt/Alb- Grenze nicht eindeutig festlegen.

7. *Hedbergella planispira*-Zone

Untergrenze: nicht aufgeschlossen; im Piobbico Core: Aussterben von *Ticinella bejaouaensis* SIGAL
Obergrenze: Erstauftreten von *Ticinella primula* LUTERBACHER und *Hedbergella rischi* MOULLADE
Zonenart: partial current range zone
Alter: Unteralb
Mächtigkeit des beprobten Profilabschnitts: 2 m
Reichweite: Einheit 4 und unterer Teil der Einheit 5

Bemerkungen: Im Oberapt kommen bereits kleine Vorläufer-Formen von *Hedbergella planispira* vor (*H.* cf. *planispira*), aus denen das Zonenleitfossil allmählich hervorgegangen ist. Deshalb kann die Untergrenze der Zone mit der Leitform nur ungenau festgelegt werden. Die *H. planispira*-Zone, von SLITER (1989) als partial range zone bezeichnet, ist daher nur eine partial current range zone.

H. planispira ist in dieser an planktonischen Foraminiferen stark verarmten Zone die einzige charakteristische Art. Die *H. planispira*-Zone ist im Piobbico Core 4,43 m mächtig.

8. *Ticinella primula/Hedbergella rischi*-Zone

Untergrenze: Erstauftreten von *Ticinella primula* LUTERBACHER und *Hedbergella rischi* MOULLADE
Obergrenze: Erstauftreten von *Ticinella praeticinensis* SIGAL
Zonenart: partial range zone
Alter: Mittelalb
Mächtigkeit: 25,75 m
Reichweite: oberer Teil der Einheit 5 und Einheit 6 nahezu bis zum Top

9 a. *Biticinella subbreggiensis*-Zone

Untergrenze: Erstauftreten von *Biticinella subbreggiensis* SIGAL s. str.
Obergrenze: Erstauftreten von *Biticinella breggiensis* (GANDOLFI)
Zonenart: total range zone
Alter: unteres Oberalb
Mächtigkeit: 15,75 m
Reichweite: vom Mittelteil der Einheit 7 bis zum unteren Mittelteil der Einheit 11

9 b. *Biticinella breggiensis*-Zone

Untergrenze: Erstauftreten von *Biticinella breggiensis* (GANDOLFI) bzw. Aussterben von *Biticinella subbreggiensis* SIGAL
Obergrenze: Erstauftreten von *Rotalipora ticinensis* (GANDOLFI)
Zonenart: partial range zone
Alter: mittleres Oberalb
Mächtigkeit: 2 m
Reichweite: Mittelteil der Einheit 11

Subzonen zu den Zonen 9a und 9b:

Ticinella praeticinensis-Subzone

Untergrenze: Erstauftreten von *Ticinella praeticinensis* SIGAL
Obergrenze: Erstauftreten von *Rotalipora subticinensis* (GANDOLFI)
Zonenart: partial range subzone
Alter: unteres Oberalb
Mächtigkeit: 19,75 m
Reichweite: vom obersten Teil der Einheit 6 bis zum Mittelteil der Einheit 11

Rotalipora subticinensis-Subzone

Untergrenze: Erstauftreten von *Rotalipora subticinensis* (GANDOLFI)
Obergrenze: Erstauftreten von *Rotalipora ticinensis* (GANDOLFI)
Zonenart: partial range subzone
Alter: mittleres Oberalb
Mächtigkeit: 1,25 m
Reichweite: Mittelteil der Einheit 11

Bemerkungen zur *B. subbreggiensis*- und *B. breggiensis*-Zone und zur *T. praeticiensis*- und *R. subticinensis*-Subzone:

SLITER (1989) hat in diesem Zeitabschnitt nur eine *Biticinella breggiensis*-Zone etabliert, die er in die *Ticinella praeticinensis*-Subzone und in die *Rotalipora subticinensis*-Subzone untergliedert hat. Diese Gliederung mußte in den untersuchten Profilen FI und VN aus zwei Gründen modifiziert werden:

1. Mit *Biticinella breggiensis* kann keine Zonen-Untergrenze festgelegt werden, da diese Form zunächst mit nur sehr kleinen Gehäusen auftritt, die SIGAL (1966) als eigenständige Art, *Biticinella subbreggiensis*, beschrieben hat. Daraus entwickeln sich allmählich die sehr großen Gehäuse der *B. breggiensis* (GANDOLFI), die sich durch eine stark verbreiterte Endkammer und eine äquatoriale Mündung auszeichnen.

Daher wurden im Übersichtsprofil (Abb. 2) eine *B. subbreggiensis*-Zone und eine *B. breggiensis*-Zone ausgeschieden. Die Untergrenze der *B. breggiensis*-Zone wurde in dem Horizont festgelegt, worin erstmals mehrere typische Gehäuseformen von *B. breggiensis* auftreten. *Biticinella subbreggiensis* kommt mit winzigen Vorläuferformen vereinzelt schon in der *G. ferreolensis*-Zone und in der *T. primula*-Zone vor. Die Untergrenze wurde mit dem Erstauftreten der typischen, von SIGAL (1966) beschriebenen Formen festgelegt. Die *B. subbreggiensis*-Zone ist sehr viel mächtiger als die *B. breggiensis*-Zone.

2. Das Erstauftreten von *Biticinella subbreggiensis* und *T. praeticinensis* erfolgt nicht zeitgleich: *T. praeticinensis* tritt bereits 3,25 m unter dem Horizont auf, der das Erstauftreten von *B. subbreggiensis* markiert. Dieser Abschnitt enthält somit kein Zonenleitfossil und ist lediglich durch das Leitfossil der Subzone *T.*

praeticinensis repräsentiert. Ferner erscheint *R. subticinensis* 50 cm höher im Profil als *B. breggiensis*.

T. praeticinensis präsentiert sich als bessere Leitform für das untere Oberalb als *B. subbreggiensis*, da sie vom Erstauftreten an in typischer Ausbildung erscheint. Der Übergang zu *R. subticinensis* erfolgte relativ rasch; die beginnende Kielbildung wurde in einem Profilabschnitt innerhalb weniger cm beobachtet.

10. *Rotalipora ticinensis*-Zone

Untergrenze:	Erstauftreten von *Rotalipora ticinensis* (GANDOLFI)
Obergrenze:	Erstauftreten von *Rotalipora appenninica* (RENZ)
Zonenart:	partial range zone
Alter:	oberes Oberalb
Mächtigkeit:	8,25 m
Reichweite:	vom oberen Mittelteil der Einheit 11 bis zum basalen Teil der Einheit 14

11. *Rotalipora appenninica*-Zone

Untergrenze:	Erstauftreten von *Rotalipora appenninica* (RENZ)
Obergrenze:	Erstauftreten von *Rotalipora brotzeni* (SIGAL)
Zonenart:	partial range zone
Alter:	Vraconnian
Mächtigkeit:	14 m
Reichweite:	vom unteren Teil der Einheit 14 bis zum oberen Teil der Einheit 17

12. *Rotalipora brotzeni*-Zone

Untergrenze:	Erstauftreten von *Rotalipora brotzeni* (SIGAL)
Obergrenze:	Erstauftreten von *Rotalipora reicheli* (MORNOD)
Zonenart:	partial range zone
Alter:	Untercenoman

Mächtigkeit des beprobten Abschnitts: 8,75 m

Reichweite im Übersichtsprofil: oberster Teil der Einheit 17 sowie Einheit 18 (Scaglia).

5. VERTEILUNG UND ENTWICKLUNG DER PLANKTONISCHEN FORAMINIFEREN IN DEN DETAILPROFILEN

(Sections I-VII im Gesamtprofil, Abb. 2)

In ausgewählten Detailprofilen, die die unterschiedlichen lithologischen Wechselfolgen der 5 Members repräsentieren, ist die Verteilung der planktonischen Foraminiferen im Balkendiagramm dargestellt. Erstauftreten und Aussterben der Arten sind - mit Ausnahme von Abb. 3, in der eine Punktverteilung dargestellt ist - durch einen Querbalken gekennzeichnet.

5.1 SECTION I, MEMBER 1, EINHEIT 1

(Unterer Teil von Abb. 3: Wechsellagerung von Radiolarien-Siltsteinen und Schwarzschiefern)

Das Unterapt (*G. duboisi*-Zone und *G. blowi*-Zone) ist durch kleine, glattschalige Hedbergellen *(H. sigali, H. similis, H. occulta)* und 4- bis 6-kammerige *Globigerinelloides*-Arten (*G. duboisi, G. gottisi, G. maridalensis, G. blowi*) gekennzeichnet. Diese Formen sind in den obersten dunklen Mergeln der Maiolica bereits vorhanden. Sie stellen die charakteristische Fauna der basalen grünlichgrauen Mergel und der meisten grünen Tonstein-Lagen des Selli Levels dar. Einige Exemplare wurden in den Schwarzschiefern des oberen Teils beobachtet; *Hedbergella* cf. *planispira* und *Hedbergella praetrocoidea* treten hier sogar erstmalig auf. *Hedbergella sigali*, eine Leitform des Barreme, aus der sich *H. praetrocoidea* wahrscheinlich entwickelt hat, stirbt dagegen in diesem Niveau aus. In den Radiolarien-Siltsteinen fehlen planktonische Foraminiferen völlig.

Planktonische Foraminiferen sind in der obersten Maiolica und im Selli Level generell selten, da in diesem Abschnitt kieseliges Plankton (Radiolarien) dominiert.

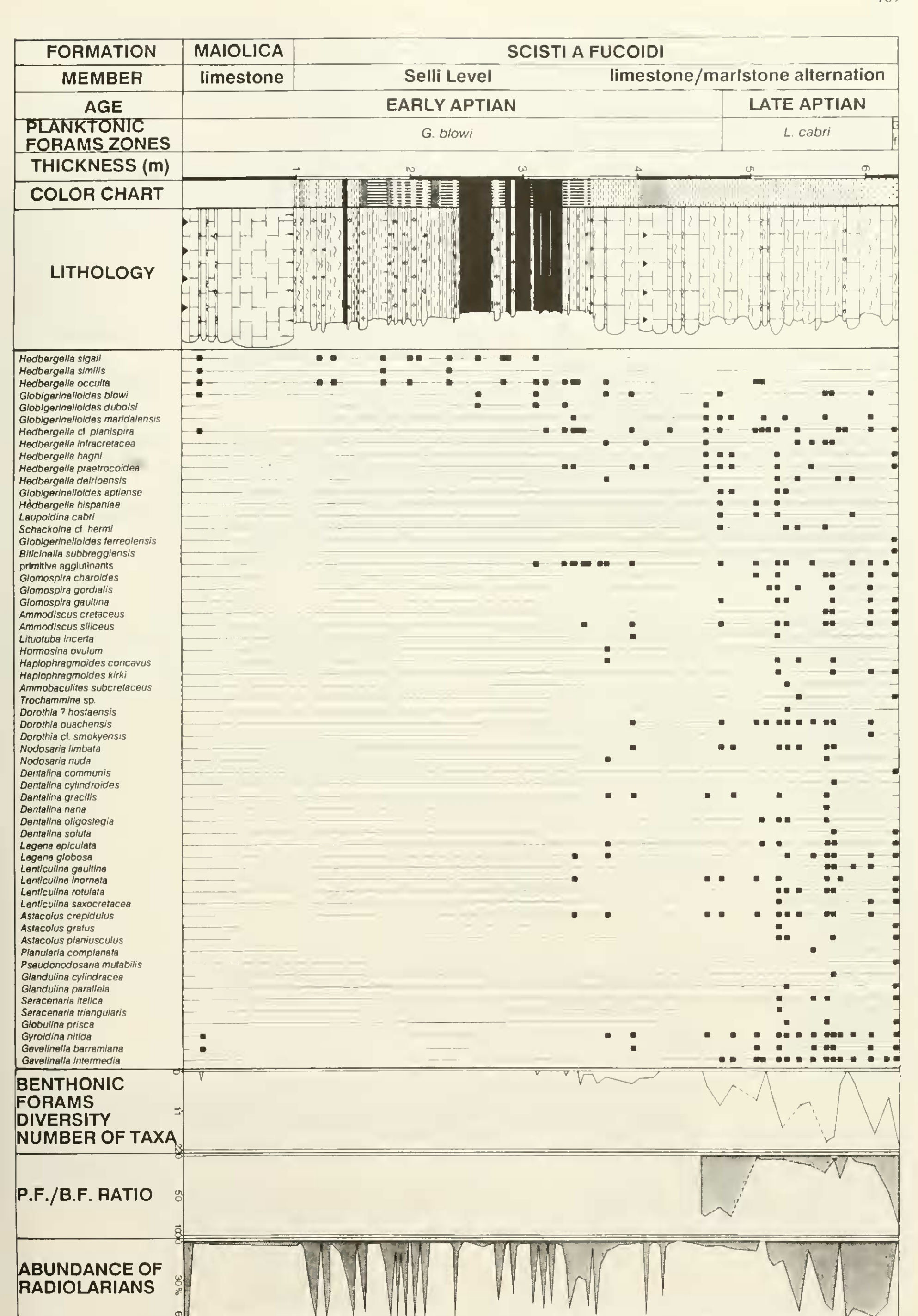
5.2 SECTION I, MEMBER 1, EINHEIT 2

(Oberer Teil von Abb. 3: Wechsellagerung von grüngrauen Kalken und Mergeln)

Einheit 2 ist durch einen ersten Diversitätsanstieg der planktonischen Foraminiferen nach dem OAE 1 gekennzeichnet. In den basalen grüngrauen Mergeln und Kalkmergeln von Einheit 2 (Unterapt) liegt zunächst noch nahezu dieselbe Assoziation wie im Selli Level vor. Direkt unter der Unterapt/Oberapt-Grenze steigt die Hedbergellen-Diversität leicht an: *H. delrioensis* und *H. hagni* kommen hinzu. In der *Globigerinelloides*-Assoziation erscheint mit *G. aptiense* erstmals eine größere Form. *Leupoldina cabri*, das Zonenleitfossil des unteren Oberapt, wurde nur sehr selten beobachtet (vgl. COCCIONI et al. 1989 a). Häufiger erscheint die morphotypisch ähnliche *Schackoina* cf. *hermi*.

Die Häufigkeit der planktonischen Foraminiferen nimmt vom Top des Selli Levels bis zur Mitte der Einheit 2 zu, geht in ihrem oberen Teil zurück und steigt an der Basis von Einheit 3 erneut an.

Abb. 3: Selli Level (Profil APE); entspricht Section I in Abb. 2.
G. f. = *G. ferreolensis*; Benthonic Forams Diversity Number of Taxa = Diversität der benthonischen Foraminiferen; Zahl der identifizierten Taxa; P. F./B.F. Ratio = Verhältnis planktonischer zu benthonischen Foraminiferen; Abundance of Radiolarians = Häufigkeit der Radiolarien. Legende s. Abb. 9.



FORMATION
MAIOLICA
SCISTI A FUCOIDI
MEMBER
limestone
Selli Level
limestone/marlstone alternation
AGE
EARLY APTIAN
LATE APTIAN
PLANKTONIC FORAMS ZONES
G. blowi
L. cabri
THICKNESS (m)
1
2
3
4
5
6
COLOR CHART
LITHOLOGY
Hedbergella sigali
Hedbergella similis
Hedbergella occulta
Globigerinelloides blowi
Globigerinelloides duboisi
Globigerinelloides maridalensis
Hedbergella cf. planispira
Hedbergella infracretacea
Hedbergella hagni
Hedbergella praetrocoidea
Hedbergella delrioensis
Globigerinelloides aptiense
Hedbergella hispaniae
Leupoldina cabri
Schackoina cf. herml
Globigerinelloides ferreolensis
Biticinella subbreggiensis
primitive agglutinants
Glomospira charoides
Glomospira gordialis
Glomospira gaultina
Ammodiscus cretaceus
Ammodiscus siliceus
Lituotuba incerta
Hormosina ovulum
Haplophragmoides concavus
Haplophragmoides kirki
Ammobaculites subcretaceus
Trochammina sp.
Dorothia ? hostaensis
Dorothia ouachensis
Dorothia cf. smokyensis
Nodosaria limbata
Nodosaria nuda
Dentalina communis
Dentalina cylindroides
Dentalina gracilis
Dentalina nana
Dentalina oligostegia
Dentalina soluta
Lagena apiculata
Lagena globosa
Lenticulina gaultina
Lenticulina inornata
Lenticulina rotulata
Lenticulina saxocretacea
Astacolus crepidulus
Astacolus gratus
Astacolus planiusculus
Planularia complanata
Pseudonodosaria mutabilis
Glandulina cylindracea
Glandulina parallela
Saracenaria italica
Saracenaria triangularis
Globulina prisca
Gyroidina nitida
Gavelinella barremiana
Gavelinella intermedia
BENTHONIC FORAMS DIVERSITY NUMBER OF TAXA
0
11
20
P.F./B.F. RATIO
50
100
ABUNDANCE OF RADIOLARIANS
30%
60

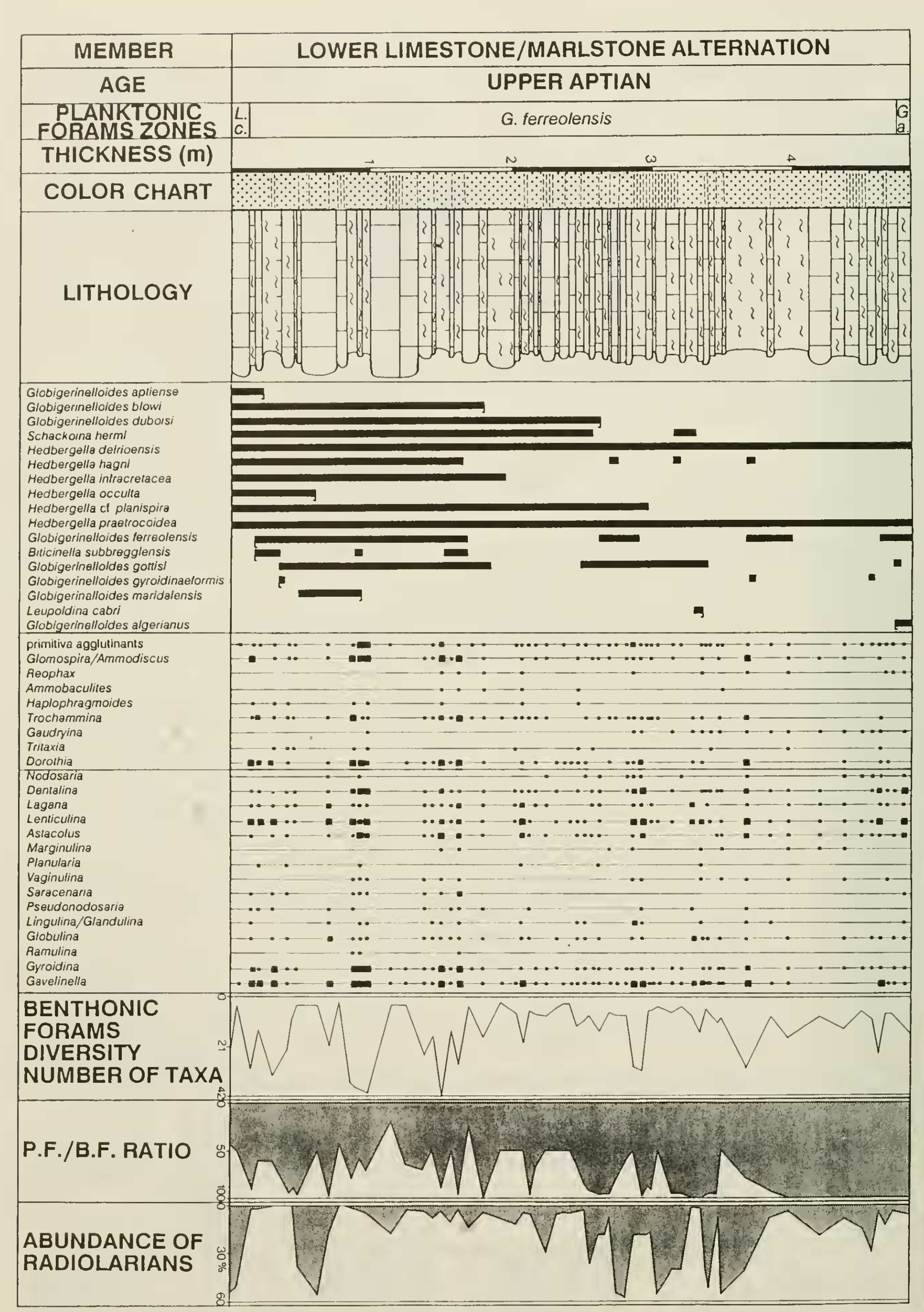


Abb. 4: Untere Kalk-Mergel-Wechsellagerung (Profil APE); entspricht Section II in Abb. 2.
L. c. = *L. cabri*; G. a. = *G. algerianus*. Legende s. Abb. 9.

5.3 SECTION II, MEMBER 2, UNTERER TEIL VON EINHEIT 3 (Abb. 4)

Section II umfaßt die *G. ferreolensis*-Zone. Sie wird mengenmäßig von *Hedbergella praetrocoidea*, *H. delrioensis*, *H.* cf. *planispira*, *H. infracretacea* sowie vom Zonenleitfossil bestimmt. In dieser Zone sterben die häufig auftretenden planktonischen Leitformen des Unterapt *Globigerinelloides aptiense*, *G. maridalensis*, *G. blowi*, *G. duboisi* und *Hedbergella occulta* aus. Im oberen Teil von Section II wurde die seltene *Leupoldina cabri* letztmals beobachtet. *Globigerinelloides ferreolensis*, eine 6- bis 7-kammerige Form, ging wahrscheinlich aus der kleineren *G. duboisi* hervor. Neben dem Zonenleitfossil kommt *Globigerinelloides gyroidinaeformis*, eine Form mit kompaktem, annähernd kugeligem Gehäuse, neu hinzu. Diese Art ist möglicherweise verwandt mit den damit vergesellschafteten sehr kleinen Vorläufer-Formen von *Biticinella subbreggiensis*. Der Trend zur Entwicklung größerer Gehäuse wird in der *Globigerinelloides*-Assoziation mit dem Erstauftreten von *G. algerianus* am Top von Section II für das Oberapt beendet. Die Hedbergellen-Assoziation bleibt dagegen konstant. *H. praetrocoidea* entwickelt allmählich größere Gehäuse.

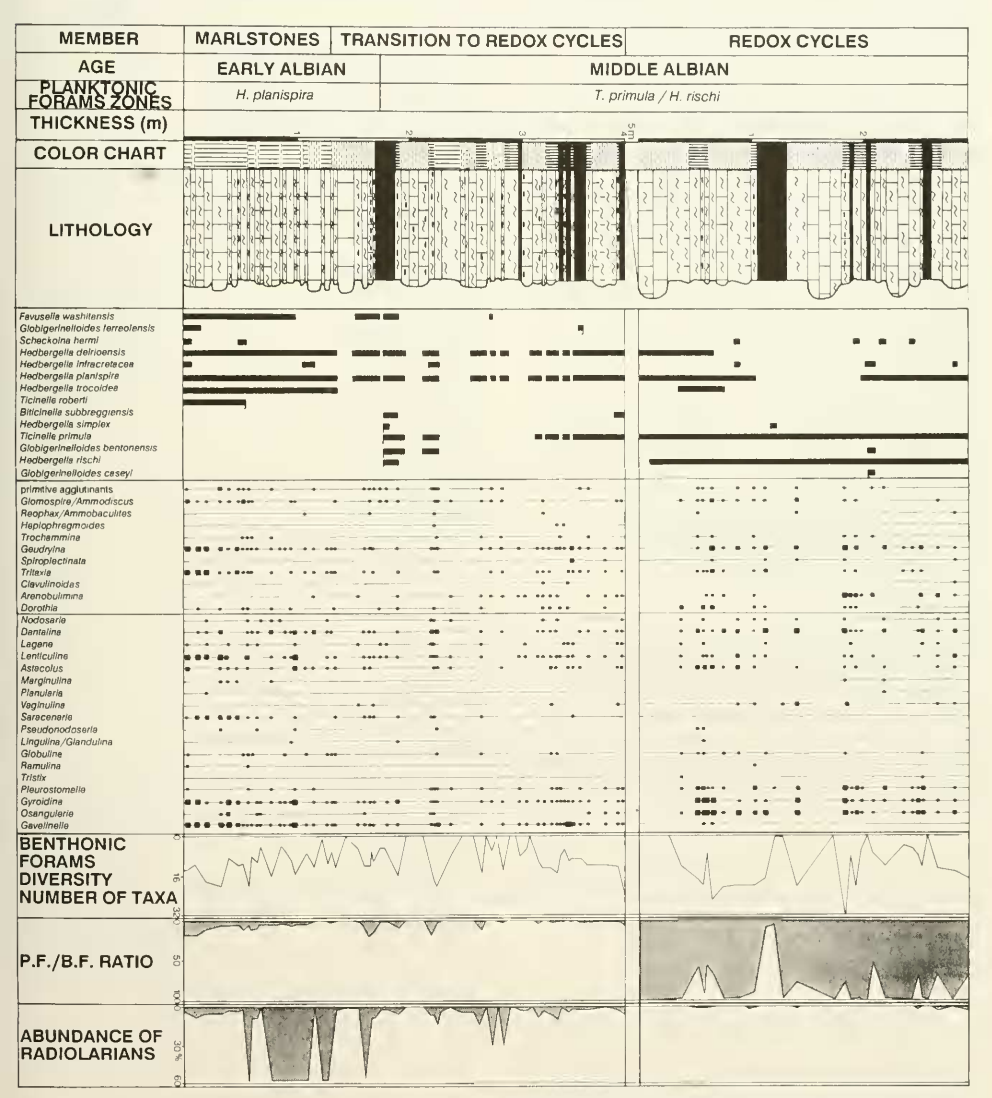


Abb. 5: Unterer Teil (unter der Aufschlußlücke): Bräunliche Mergel (Marlstones) und Übergang zu den Redox-Zyklen (Transition to Redox Cycles) im Profil APE; entspricht Section III in Abb. 2. Oberer Teil (über der Aufschlußlücke): Redox-Zyklen im Profil APE; entspricht Section IV in Abb. 2. Legende s. Abb. 9.

Der evolutive Trend von *Hedbergella* und *Globigerinelloides* von kleinen, wenig-kammerigen, dünnschaligen Gehäusen im Unterapt zu etwas größeren, mehrkammerigen Formen mit dickerer Schale im unteren Oberapt wird als erste Radiation der planktonischen Foraminiferen nach dem OAE 1 angesehen.

Die Häufigkeit der planktonischen Foraminiferen schwankt im unteren und mittleren Teil der *G. ferreolensis*-Zone, wobei die Organismen überwiegend in den karbonatärmeren Intervallen konzentriert und daher nicht positiv mit dem Karbonatgehalt korreliert sind. Im oberen Abschnitt erscheinen sie dagegen konstant in großen Häufigkeiten, unabhängig vom Karbonatgehalt. *Hedbergella* ist in der gesamten *G. ferreolensis*-Zone häufiger als *Globigerinelloides*.

5.4 SECTION III, MEMBER 3, EINHEIT 4
(unterer Teil von Abb. 5: Abschnitt „Marlstones")

Das Unteralb (oberer Teil der *H. planispira*-Zone) ist durch sehr kleine, generell schlecht erhaltene planktonische Foraminiferen charakterisiert. Diese Zwergfauna besteht großenteils aus *Hedbergella planispira*, *H. delrioensis* und *H. infracretacea*. Begleitend kommen *Hedbergella trocoidea*, *Ticinella roberti* und *Favusella washitensis* vor, nur noch vereinzelt dagegen *Globigerinelloides ferreolensis*. *Ticinella roberti* tritt letztmals auf.

Alle planktonischen Foraminiferen zeigen Anlösungserscheinungen. Auffallend ist die geringe Gehäusegröße der normalerweise großen Formen von *H. trocoidea* und *T. roberti*. Die geringe Häufigkeit ist auf Lösungsvorgänge am Meeresboden zurückzuführen, die bereits während der Sedimentation der Schalen wirksam waren.

5.5 SECTION III, MEMBER 4, EINHEIT 5
(Mittelteil von Abb. 5: Abschnitt „Transition to Redox Cycles")

Die Armut an planktonischen Foraminiferen setzt sich im obersten Unteralb und basalen Mittelalb fort. Die Gehäuse sind auch hier z. T. bis zur Unkenntlichkeit angelöst. Vier lithologisch völlig unterschiedliche Schichten enthalten hingegen keinerlei planktonische Foraminiferen: die höchste Kalkbank der *H. planispira*-Zone, der erste Schwarzmergel-Horizont (an der Grenze Unteralb/Mittelalb), die letzte rötliche Mergellage der Einheit und ein dunkel grüngrauer Kalkmergel der untersten *T. primula*-Zone.

Zur Assoziation der Einheit 4 kommen die Zonenleitfossilien *Ticinella primula* und *Hedbergella rischi* sowie *Globigerinelloides bentonensis* und kleine Vorläuferformen von *Biticinella subbreggiensis* hinzu. *Globigerinelloides ferreolensis* erscheint letztmals im obersten Teil der Einheit.

5.6 SECTION IV, MEMBER 4, EINHEIT 6
(oberer Teil von Abb. 5: Abschnitt „Redox Cycles"; Abb. 5 a)

Im Gegensatz zu den Redox-Zyklen von Einheit 5 zeichnen sich die ähnlichen Lithologien der Einheit 6 (*T. primula/H. rischi*-Zone) durch eine überwiegend gut erhaltene planktonische Foraminiferen-Fauna aus, die durch große Häufigkeit,



Abb. 5 a: Vollständiger Redox-Zyklus aus Member 4 mit Artenspektrum der Foraminiferen. Der Zyklus liegt an der Basis von Section IV in Abb. 2 bzw. an der Basis des oberen Teils von Abb. 5, direkt über der Aufschlußlücke. Legende s. Abb. 9.

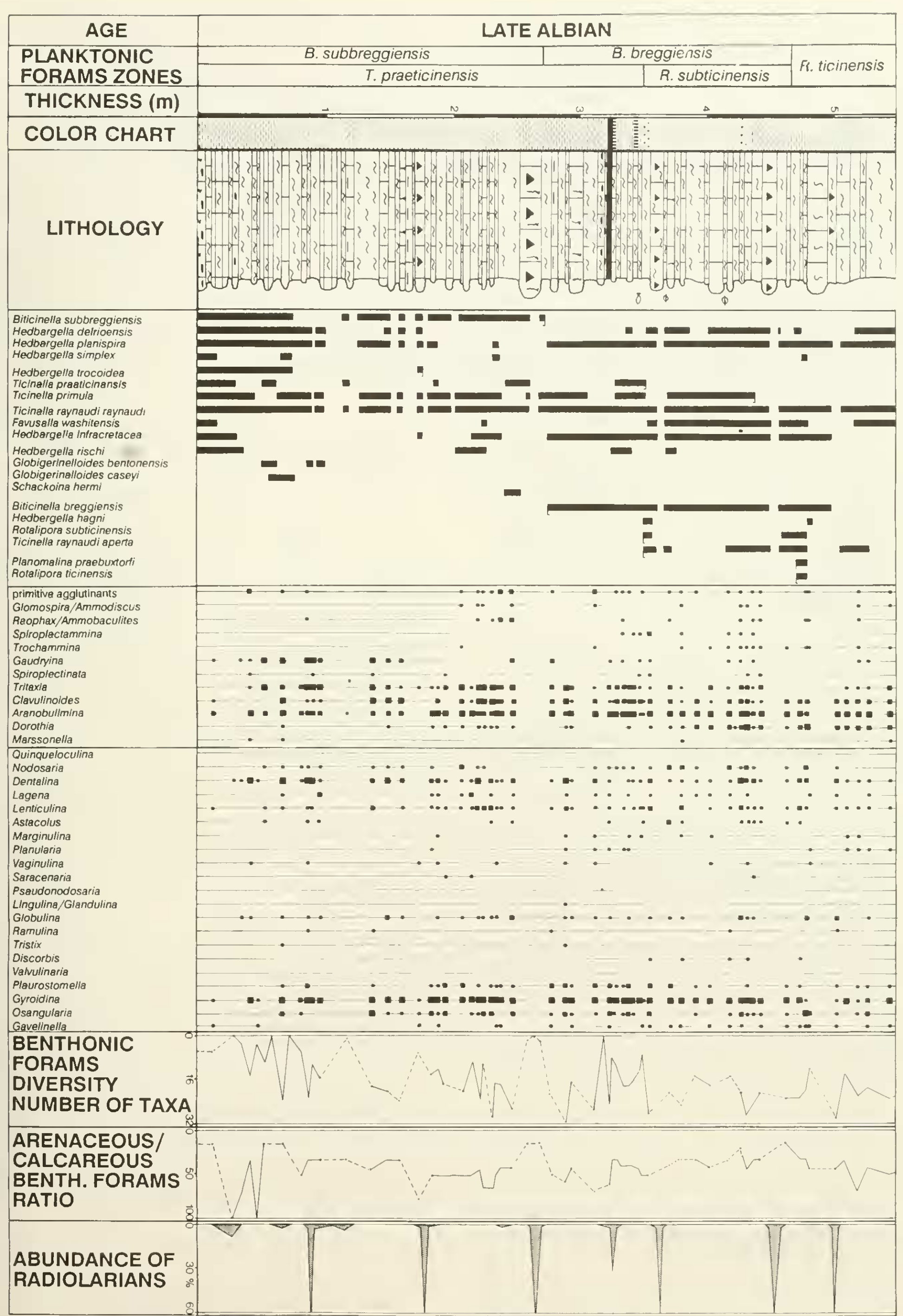


Abb. 6: Obere Kalk-Mergel-Wechsellagerung (Profil VN); entspricht Section V in Abb. 2.

Arenaceous/Calcareous Benth. Forams Ratio = Verhältnis sandschaliger zu kalkschaligen benthonischen Foraminiferen. Legende s. Abb. 9.

aber geringe Diversität charakterisiert ist. Die Assoziation setzt sich aus kleinen Hedbergellen (*H. planispira, H. delrioensis, H. infracretacea*) und den nur geringfügig größeren Zonenleitfossilien *Ticinella primula* und *Hedbergella rischi* zusammen. Bedeutend größere Gehäuse besitzen die *Globigerinelloides*-Arten *G. bentonensis*, eine häufig beobachtete Form, und *G. caseyi*, die hier erstmals auftritt, aber nur sporadisch erscheint.

Planktonische Foraminiferen kennzeichnen sämtliche Lithologien eines Redox-Zyklus mit Ausnahme der mächtigen laminierten Schwarzmergel-Horizonte im Zentrum eines Bündels, in denen die Gehäuse starke Anlösungserscheinungen zeigen und daher selten sind.

Generelle Trends der planktonischen Foraminiferen-Verteilung im Zeitraum vom unteren Oberalb zum Untercenoman: Planktonische Foraminiferen beherrschen das Faunenspektrum in diesem Zeitabschnitt. Sie sind meist gut erhalten und treten lithologisch unabhängig stets in großen Häufigkeiten auf. Lediglich in Radiolarien-Anreicherungshorizonten in der Mitte von Kalkbänken bzw. in grünen Mergellagen sind sie infolge von Karbonatlösung am Meeresboden dezimiert. Die Diversitäten sind stets hoch. Im Oberalb findet mit der Entwicklung der gekielten *Rotalipora ticinensis* aus der ungekielten *Ticinella praeticinensis* über die teilweise gekielte *Rotalipora subticinensis* die zweite Radiation der planktonischen Foraminiferen nach dem OAE 1 statt.

5.7 SECTION V, MEMBER 5, EINHEIT 11 (Abb. 6)

Section V umfaßt die obere *T. praeticinensis*-Subzone, die gesamte *R. subticinensis*-Subzone und die basale *R. ticinensis*-Zone.

Die Assoziation planktonischer Foraminiferen in den roten und grünen Kalken und Kalkmergeln sowie in den roten Mergeln der oberen *T. praeticinensis*-Subzone wird von kleinen Formen (*Hedbergella planispira, H. delrioensis, Biticinella subbreggiensis, Ticinella primula, T. raynaudi raynaudi* und ab dem oberen Profilabschnitt *T. raynaudi aperta*) beherrscht. Sporadisch findet sich *Schackoina hermi* in diesem Größenspektrum. Größere Formen (*Globigerinelloides bentonensis, G. caseyi*) kommen zunächst nur vereinzelt vor. Mit dem Erstauftreten von *Biticinella breggiensis* in der obersten *T. praeticinensis*-Subzone, die nach oben rasch häufiger wird, sowie von *Rotalipora subticinensis* an der Basis der gleichnamigen Subzone beginnt die kontinuierliche Entwicklung von größeren und gekielten Gehäusen. Dieser Trend findet mit dem Erstauftreten von *Rotalipora ticinensis* und *Planomalina praebuxtorfi* an der Basis der *R. ticinensis*-Zone einen ersten Höhepunkt. Sporadisch vorkommende Formen wie *Favusella washitensis, Hedbergella simplex* und *H. hagni* beeinflussen diesen Trend nicht. Der mittlere und obere Teil von Section V ist durch das aufeinanderfolgende Aussterben von *Hedbergella trocoidea, Biticinella subbreggiensis, Ticinella praeticinensis* und *Ticinella primula* charakterisiert.

Bis auf wenige Ausnahmen sind in Section V keine wesentlichen Schwankungen in der Häufigkeit der planktonischen Foraminiferen zu erkennen. Die Kalke und angrenzenden Mergel weisen gleiche Häufigkeiten auf. Das Gleiche gilt für die roten, grünen und schwarzen Mergel, die nur in gewissen Profilabschnitten minimale Häufigkeitsunterschiede zeigen.

Eine deutliche Abweichung von dieser generellen Häufigkeitsverteilung in den Kalken und Mergeln des Oberalb zeichnet sich lediglich in der obersten *T. praeticinensis*-Subzone ab: in einigen, nicht aufeinander folgenden Kalkbänken und Mergellagen des roten Profilabschnittes fehlen planktonische Foraminiferen völlig. Im Gegensatz zu diesem noch ungeklärten Phänomen ist das Fehlen der planktonischen Foraminiferen in den rhythmisch eingeschalteten Radiolarien-Anreicherungshorizonten durch Karbonatlösung am Meeresboden bedingt. In der unmittelbaren Umgebung dieser Kieselplankton-Anreicherungen, die bis zu 60% Radiolarien enthalten, liegt die Foraminiferen-Assoziation stets als Zwergfauna vor.

5.8 SECTION VI, MEMBER 5, OBERER TEIL VON EINHEIT 11 BIS OBERER TEIL VON EINHEIT 13 (Abb. 7)

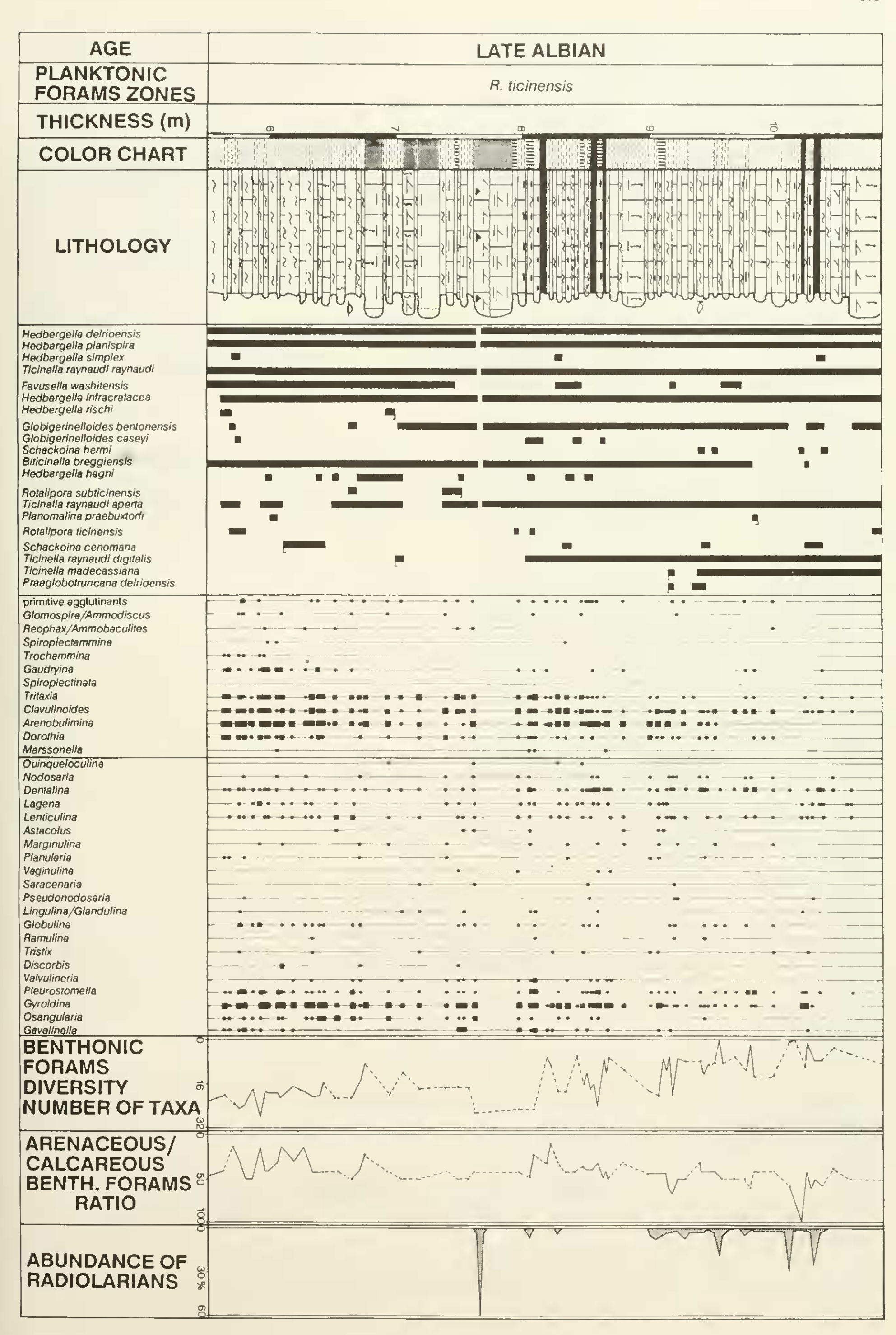
Section VI liegt gänzlich in der *R. ticinensis*-Zone.

In Section VI dominieren mengenmäßig planktonische Foraminiferen-Arten mit kleinen Gehäusen: *Hedbergella planispira, H. delrioensis, H. infracretacea, Ticinella raynaudi raynaudi, T. raynaudi aperta* sowie *T. raynaudi digitalis*, die im mittleren Profilabschnitt hinzukommt. Das Spektrum der großen planktonischen Foraminiferen wird noch beherrscht von *Biticinella breggiensis*, die bis zum obersten Viertel der Section VI kontinuierlich vorkommt, sowie von *Globigerinelloides bentonensis*, die sich ebenfalls über weite Abschnitte lückenlos verfolgen läßt. Im Gegensatz dazu erscheint *G. caseyi* nur sporadisch. Das Auftreten von *Favusella washitensis* hält nun über größere Profilabschnitte durch. In der oberen *R. ticinensis*-Zone wird diese Assoziation mit dem Erstauftreten von *Ticinella madecassiana* und *Praeglobotruncana delrioensis* ergänzt. Während *T. madecassiana* sofort in größerer Häufigkeit vorkommt und ohne Unterbrechung ins Vraconnian reicht, tritt *P. delrioensis* nur sporadisch auf. *Rotalipora ticinensis* ist generell noch selten.

Hedbergella rischi und *Rotalipora subticinensis* sterben in der unteren *R. ticinensis*-Zone aus; die sporadisch vorhandene *Planomalina praebuxtorfi* wurde letztmals in der oberen *R. ticinensis*-Zone angetroffen. *Schackoina cenomana*, eine nur vereinzelt beobachtete Form, die erst im Vraconnian häufiger wird, tritt erstmals in der unteren *R. ticinensis*-Zone auf.

Section VI unterliegt im Gegensatz zu Section V keinerlei Häufigkeitsschwankungen der planktonischen Foraminiferen; Peaks in der Radiolarien-Häufigkeit fehlen weitestgehend. Die roten, grünen sowie schwarzen Mergel enthalten auch hier eine reiche planktonische Foraminiferenfauna; in den roten Mergeln sind die Gehäuse oft die alleinigen Komponenten im Schlämmrückstand.

Abb. 7: Obere Kalk-Mergel-Wechsellagerung (Profil VN); entspricht Section VI in Abb. 2. Legende s. Abb. 9.


AGE
LATE ALBIAN
PLANKTONIC FORAMS ZONES
R. ticinensis
THICKNESS (m)
6
7
8
9
10
COLOR CHART
LITHOLOGY
Hedbergella delrioensis
Hedbergella planispira
Hedbergella simplex
Ticinella raynaudi raynaudi
Favusella washitensis
Hedbergella infracretacea
Hedbergella rischi
Globigerinelloides bentonensis
Globigerinelloides caseyi
Schackoina hermi
Biticinella breggiensis
Hedbergella hagni
Rotalipora subticinensis
Ticinella raynaudi aperta
Planomalina praebuxtorfi
Rotalipora ticinensis
Schackoina cenomana
Ticinella raynaudi digitalis
Ticinella madecassiana
Praeglobotruncana delrioensis
primitive agglutinants
Glomospira/Ammodiscus
Reophax/Ammobaculites
Spiroplectammina
Trochammina
Gaudryina
Spiroplectinata
Tritaxia
Clavulinoides
Arenobulimina
Dorothia
Marssonella
Quinqueloculina
Nodosaria
Dentalina
Lagena
Lenticulina
Astacolus
Marginulina
Planularia
Vaginulina
Saracenaria
Pseudonodosaria
Lingulina/Glandulina
Globulina
Ramulina
Tristix
Discorbis
Valvulineria
Pleurostomella
Gyroidina
Osangularia
Gavelinella
BENTHONIC FORAMS DIVERSITY NUMBER OF TAXA
0
16
32
ARENACEOUS/CALCAREOUS BENTH. FORAMS RATIO
0
50
100
ABUNDANCE OF RADIOLARIANS
0
30 %
60

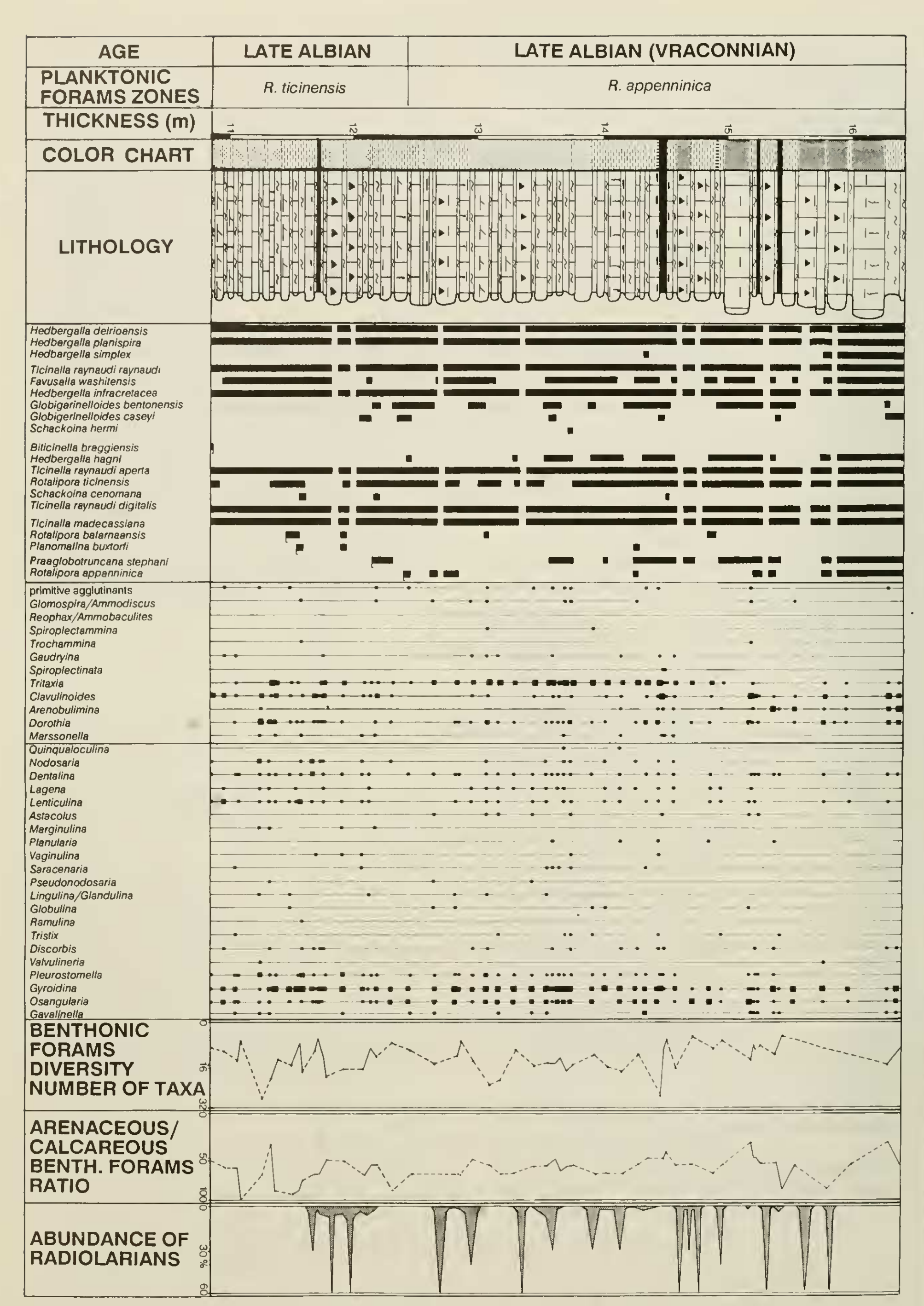


Abb. 8: Obere Kalk-Mergel-Wechsellagerung (Profil VN); entspricht Section VII in Abb. 2. Legende s. Abb. 9.

5.9 SECTION VII, MEMBER 5, OBERER TEIL VON EINHEIT 13 BIS MITTLERER TEIL VON EINHEIT 15 (Abb. 8)

Section VII umfaßt die oberste *R. ticinensis*-Zone und die untere *R. appenninica*-Zone.

Das Spektrum der planktonischen Foraminiferen ist ähnlich zusammengesetzt wie das von Section VI. *Hedbergella delrioensis, H. planispira, H. infracretacea* sowie *Ticinella raynaudi raynaudi, T. raynaudi aperta* und *T. raynaudi digitalis* machen die Hauptmasse der Feinfraktion des Schlämmrückstandes aus; dazu treten vereinzelt noch *Hedbergella hagni, H. simplex, Schackoina hermi* und *Schackoina cenomana* auf. *Rotalipora ticinensis, Ticinella madecassiana, Favusella washitensis, Praeglobotruncana stephani* und *Globigerinelloides bentonensis* bilden die Grobfraktion.

Mit Ausnahme von *Biticinella breggiensis*, die letztmalig an der Basis von Section VII auftritt, reichen die Planktonten ins mittlere Vraconnian hinein (nicht mehr im Detailprofil dargestellt). Die obere *R. ticinensis*-Zone ist durch das aufeinanderfolgende Erstauftreten von *Rotalipora balernaensis, Planomalina buxtorfi* und *Praeglobotruncana stephani* gekennzeichnet. Unmittelbar darüber markiert das Erstauftreten von *Rotalipora appenninica* die Basis des Vraconnian. Im Vraconnian treten mit zunehmender Häufigkeit rugose und clavate Hedbergellen auf. Die Rotaliporen und Planomalinen sind in diesem Abschnitt generell noch selten; sie werden ab dem mittleren Vraconnian zunehmend häufiger, bis sich an der Alb/Cenoman-Grenze ein Verhältnis der ungekielten zu gekielten Formen von 60:40 eingestellt hat.

Section VII enthält im Gegensatz zu Section VI bündelweise eingeschaltete Häufigkeits-Peaks von Radiolarien. Die durchgehend hohen Häufigkeiten der planktonischen Foraminiferen werden nur von diesen kieseligen Horizonten unterbrochen.

Abb. 9: Legende zu den Profilen.

6. BENTHONISCHE FORAMINIFEREN-ASSOZIATIONEN UND GRUPPENVERTEILUNGSMUSTER DER FORAMINIFEREN UND RADIOLARIEN IN DEN DETAILPROFILEN

(Sections I-VII im Gesamtprofil, Abb. 2)

Erläuterungen zur Darstellung der Detailprofile: In den Detailprofilen sind sämtliche Parameter dargestellt, die palökologische Aussagen zur Rekonstruktion der paläozeanographischen Bedingungen liefern.

Die Verteilung der benthonischen Foraminiferen-Gattungen wird nach drei Häufigkeits-Gruppen unterschieden: selten = kleine Vierecke; gemein = mittelgroße Vierecke; häufig = große Vierecke.

Mit Ausnahme eines Zusatzdiagramms (Abb. 5 a), das das Artenspektrum eines typischen Redox-Zyklus widergibt, wurden jeweils nur die Gattungen der benthonischen Foraminiferen aufgetragen, da die Arten-Darstellungen, die für mehrere Sections angefertigt wurden, zwar schwache Punktwolken-Verteilung erkennen lassen, sich Trends darin jedoch viel undeutlicher abzeichnen als im Gattungsspektrum. Die einzelnen Arten besitzen ferner eine wesentlich geringere palökologische Aussagekraft als die Gruppenverteilungsmuster.

In der Spalte der benthonischen Foraminiferen-Diversität ist die Anzahl aller identifizierten Taxa eingetragen. Die Kurve ist in den Sections I bis IV durchgezogen, da die Diversität jeder Probe aus Schlämmrückständen bestimmt werden konnte. Die

zahlreichen Kalkbänke der Sections V bis VII konnten hingegen nur in Dünnschliffen ausgewertet werden, die das Diversitätsspektrum nicht erkennen lassen. Daher wurden in der Diversitätskurve dieser Sections die Mergellagen, die von Kalkbänken getrennt sind, mit einer gestrichelten Linie verbunden.

Das Verhältnis planktonischer zu benthonischen Foraminiferen (P. F./B. F.-Verhältnis) ist nur in den Sections I bis IV aufgetragen, da hier deutliche Schwankungen zu verzeichnen sind; in den Sections V bis VII unterliegen die generell hohen P. F./B. F.-Verhältnisse (größer als 95:5) nur minimalen Schwankungen. Das Verhältnis sandschaliger zu kalkschaliger benthonischer Foraminiferen ist hingegen auf die Sections V bis VII beschränkt, da hier deutliche Trends vorliegen.

Die Radiolarien-Häufigkeiten sind in allen Sections dargestellt, da sie wichtige palökologische Hinweise liefern.

Zur Ergänzung wurde im Anhang das Gesamtspektrum aller in den Detailprofilen beobachteten Taxa aufgelistet. Einige charakteristische, häufig vorkommende Arten benthonischer Foraminiferen sind auf den drei Fototafeln abgebildet.

6.1 SECTION I, MEMBER 1, EINHEIT 1
(unterer Teil von Abb. 3: Wechsellagerung von Radiolarien-Siltsteinen und Schwarzschiefern)

Das Selli Level ist infolge der hohen Kieselplankton-Produktion und den anoxischen Bedingungen am Meeresboden durch eine auffallende Foraminiferen-Armut charakterisiert. Während planktonische Foraminiferen noch in einigen Mergel-, Tonstein- und Schwarzschiefer-Lagen vorkommen, fehlen benthonische Foraminiferen im unteren und mittleren Teil des Selli Levels völlig. Für den unteren Teil von Abb. 3 konnten daher weder Diversitäten der benthonischen Foraminiferen noch P.F./B.F.-Verhältnisse angegeben werden.

In den dunklen Mergeln der obersten Maiolica-Formation finden sich nur *Gyroidina* und *Gavelinella*. *Gyroidina nitida*, eine stark opportunistische Form, kommt mit wenigen Ausnahmen in den gesamten Scisti a Fucoidi meist in großen Häufigkeiten vor, selbst noch in dysaerobem Milieu.

In der basalen Lage des obersten Schwarzschiefer-Paketes treten erstmals grobagglutinierte primitive Sandschaler auf. Dies ist die einzige Schwarzschiefer-Lage innerhalb des Selli Levels, die benthonische Foraminiferen enthält. Planktonische Foraminiferen erscheinen zudem auch im ersten mächtigen Schwarzschiefer-Horizont des oberen Selli Levels. Die obersten grünen Tonsteine des Selli Levels weisen erneut eine primitive Sandschaler-Fauna auf, zu der einfach gebaute, dickwandig-glattschalige Kalkschaler (*Lagena, Lenticulina, Astacolus*) hinzukommen. Die Radiolarien-Siltsteine enthalten keinerlei Foraminiferen.

6.2 SECTION I, MEMBER 1, EINHEIT 2
(oberer Teil von Abb. 3: Wechsellagerung von grüngrauen Kalken und Mergeln)

Die Neubesiedlung des Meeresbodens nach dem OAE 1 vollzieht sich in einem 3,75 m mächtigen Intervall vom Top des Selli Levels (obere *G. blowi*-Zone) bis zum unteren Teil der Einheit 3, Section II (untere *G. ferreolensis*-Zone).

Der graduelle Diversitätsanstieg der planktonischen Foraminiferen-Assoziation in Einheit 2 spiegelt sich auch im Spektrum der benthonischen Foraminiferen wider: die basalen Kalkbänke enthalten neben primitiven Sandschalern auch höher entwickelte Formen (*Haplophragmoides* und *Dorothia*) und mit einigen Arten von *Nodosaria, Dentalina, Lagena, Lenticulina, Astacolus* sowie *Gyroidina* und *Gavelinella* eine höher diverse Kalkschaler-Fauna. Der folgende 50 cm mächtige Abschnitt aus grauen bis grünlichen, z. T. verkieselten Kalken und Mergeln, ein Radiolarien-dominantes Intervall, ist durch einen starken Rückgang der Foraminiferen-Assoziationen gekennzeichnet. An der Basis der *L. cabri*-Zone setzt ein erneuter Diversitätsanstieg ein, der ein erstes Maximum in den grünlichen Mergeln dicht unter der Basis der rötlichen Mergel von Einheit 3 erreicht. Das zweite Maximum findet sich an der Basis der *G. ferreolensis*-Zone. Bereits hier zeichnen sich Fluktuationen der benthonischen Foraminiferen-Diversität ab, die für die gesamte *G. ferreolensis*-Zone charakteristisch sind.

Die Sandschaler-Assoziation in Section I enthält generell grobagglutinierte Formen, die Kalkschaler-Assoziation einfach gebaute, kompakte, dickwandige Morphotypen mit glatter Schale.

Die Radiolarien-Häufigkeit nimmt am Top des Selli Levels sprunghaft ab und zeigt in der obersten *G. blowi*-Zone nur noch 2 Peaks. Sie steigt jedoch in der *L. cabri*-Zone wieder rasch an, wo sie längerfristig hoch bleibt.

6.3 SECTION II, MEMBER 2, UNTERER TEIL VON EINHEIT 3
(Abb. 4)

Die mit 42 Taxa größte Diversität der benthonischen Foraminiferen nach dem Selli Level, gleichzeitig auch die höchste sämtlicher Detailprofile, liegt in zwei roten Mergellagen 90 cm und 1,4 m über der Basis der *G. ferreolensis*-Zone vor.

Die Sandschaler-Assoziation setzt sich aus folgenden Morphotypen zusammen: a) zweikammerige glomospiroid (*Glomospira, Glomospirella*) bzw. planispiral aufgerollte (*Ammodiscus*) Formen; b) uniseriale (*Reophax*) bzw. anfangs eingerollte, danach uniseriale Formen (*Ammobaculites*); c) mehrkammerige planispirale (*Haplophragmoides*) bzw. trochospirale (*Trochammina*) Formen; d) vielkammerige biseriale Formen mit triserialem Anfangsstadium (*Gaudryina*) bzw. durchgehend triseriale (*Tritaxia*) Formen; e) biseriale Formen mit trochospiralem Anfangsteil (*Dorothia*).

Unter den grobagglutinierten Formen dominieren primitive Sandschaler, *Trochammina, Dorothia ouachensis*; unter den feinagglutinierten Gattungen sind *Glomospira, Glomospirella* und *Ammodiscus* zu nennen. Sporadisch treten die grobagglutinierten Gattungen *Reophax, Ammobaculites, Haplophragmoides* und die feinagglutinierte *Tritaxia* hinzu. *Gaudryina* mit mittelkörniger Agglutination erscheint erstmals im oberen Profilabschnitt und kommt von da an in nahezu allen Proben vor.

Die Kalkschaler-Assoziation zeigt im Profil eine konstante Zusammensetzung aus *Lenticulina, Astacolus, Gyroidina* und *Gavelinella*. Zu dieser Vergesellschaftung kommen in vielen Horizonten *Lagena, Dentalina* und *Globulina* hinzu. Als wei-

tere, konstant auftretende Gattungen der Lenticuliniden-Gruppe sind *Saracenaria* und *Vaginulina* zu nennen; *Planularia* und *Marginulina* erscheinen dagegen nur vereinzelt.

Die Diversitätskurve der benthonischen Foraminiferen zeigt rasch aufeinanderfolgende Schwankungen; meist ist die Diversität zweier Proben, die im Abstand von 2-5 cm genommen wurden, bereits völlig verschieden. Die größten Schwankungen von den höchsten zu sehr geringen Diversitäten treten im unteren Profilabschnitt auf. Der mittlere und obere Abschnitt der *G. ferreolensis*-Zone ist durch kleinere Schwankungen im Bereich unter 20 Taxa charakterisiert, die von 3 Diversitäts-Peaks unterbrochen sind. Bei diesen Peaks wird jedoch nicht mehr die hohe Diversität des unteren Profilabschnitts erreicht. Die Kalkschaler-Assoziation weist höhere Diversitäten und Häufigkeiten als die Sandschaler-Fauna auf.

Die *G. ferreolensis*-Zone ist durch eine markante positive Korrelation der Häufigkeiten und Diversitäten der benthonischen Foraminiferen charakterisiert. Die Maxima treten jedoch nicht in exakt zyklischen Abständen auf.

Die P. F./B. F.-Verhältnisse zeigen bis zum obersten Abschnitt der *G. ferreolensis*-Zone noch beträchtliche Schwankungen; danach stellt sich ein konstant hohes P. F./B. F.-Verhältnis ein, das mit dem der Oberen Kalk-Mergel-Wechselfolge vergleichbar ist. Die Häufigkeitsschwankungen der planktonischen Foraminiferen und die P. F./B.F.-Verhältnisse des Unter- und Mittelteils sind nicht an den Karbonatgehalt gebunden: innerhalb einer Kalkbank kann schon ein Rückgang der Häufigkeit beobachtet werden; die roten Mergel enthalten meist eine reiche planktonische Foraminiferen-Fauna, die jedoch in manchen Horizonten völlig reduziert ist.

Die Radiolarien weisen Häufigkeits-Peaks im unteren Abschnitt und im oberen Mittelteil des Profils auf. Sie fehlen in nur wenigen Horizonten der *G. ferreolensis*-Zone.

6.4 SECTION III, MEMBER 3, EINHEIT 4
(unterer Teil von Abb. 5: Abschnitt „Marlstones")

Die obere *H. planispira*-Zone ist durch Anlösung der planktonischen Foraminiferen charakterisiert. Für die Lösungsanfälligkeit der planktonischen Foraminiferen am Meeresboden sind folgende Faktoren verantwortlich: geringe Größe, Dünnschaligkeit und Perforation der Gehäuse. Die dickwandigen agglutinierten bzw. kalkig-imperforierten Schalen der benthonischen Foraminiferen sind dagegen wesentlich lösungsresistenter; aus diesem Grund ist die primäre Benthos-Assoziation erhalten.

Bei den Sandschalern herrschen *Tritaxia* und *Gaudryina* vor; sie repräsentieren in fossilarmen Proben, in denen *Glomospira/Ammodiscus* fehlen, das gesamte Sandschaler-Spektrum. Die Kalkschaler sind durch eine *Lenticulina/Gyroidina/Gavelinella*-Assoziation repräsentiert, zu der *Dentalina* und *Saracenaria* in wechselnden Häufigkeiten hinzukommen.

Die Diversität der benthonischen Foraminiferen ist in der *H. planispira*-Zone geringer als in der *G. ferreolensis*-Zone; selten treten mehr als 18 Taxa auf. Die Kurve zeigt auch hier Schwankungen von Probe zu Probe; Kalkschaler sind stets häufiger als Sandschaler. Infolge der Lösung der planktonischen Foraminiferen liegen konstant niedrige P. F./B.F.-Verhältnisse vor. Die Radiolarien-Häufigkeit steigt am Top von Einheit 4 sprunghaft an; dieser Peak setzt sich in den basalen Schichten der Einheit 5 fort.

6.5 SECTION III, MEMBER 4, EINHEIT 5
(Mittelteil von Abb. 5: Abschnitt „Transition to Redox Cycles")

Einheit 5 ist ebenfalls durch eine planktonische monotone Zwergfauna mit angelösten Gehäusen charakterisiert. Die benthonische Assoziation weist hingegen keine eindeutigen Trends auf.

Zur Sandschaler-Assoziation von Einheit 4 kommen *Clavulinoides* und *Arenobulimina* hinzu. *Arenobulimina*, eine hoch trochospirale Form, stellt einen weiteren bedeutenden Morphotyp im Sandschaler-Spektrum dar. Die Kalkschaler-Assoziation *Lenticulina/Gyroidina/Gavelinella* wird von *Osangularia* und *Pleurostomella* ergänzt; beide Gattungen stellen wichtige Formen der überlagernden Einheiten dar.

Die Diversitätskurve der benthonischen Foraminiferen zeigt starke Schwankungen: während die basale Schwarzmergel-Lage der Einheit 5 durch einen Diversitätsanstieg gekennzeichnet ist, fehlen benthonische Foraminiferen in einigen darüberfolgenden dunkelgrünen bis grüngrauen Kalkmergeln und Mergeln. Diese Verteilungsmuster lassen keine Abhängigkeit der Diversität vom Sauerstoff-Gehalt des Bodenwassers erkennen. In den oberen Redox-Zyklen der Einheit 5 finden sich nur noch kleinere, positiv mit dem Sauerstoff-Gehalt korrelierte Diversitäts-Schwankungen. Im letzten Schwarzmergel der Einheit 5 nimmt die Diversität nochmals zu.

Die P. F./B. F.-Verhältnisse stellen auch hier infolge der Lösung der planktonischen Foraminiferen kein primäres Signal dar. Mit Ausnahme kleinerer Radiolarien-Peaks in der Mitte von Einheit 5 bleibt die Häufigkeit der Radiolarien relativ gering.

6.6 SECTION IV, MEMBER 4, EINHEIT 6
(oberer Teil von Abb. 5: Abschnitt „Redox Cycles"; Abb. 5 a)

Die benthonische Foraminiferen-Assoziation der Redox-Zyklen ist vom Sauerstoff-Gehalt des Bodenwassers kontrolliert. Im allgemeinen ist die Benthos-Diversität in schwarzen Mergeln, die ein dysaerobes Milieu am Meeresboden kennzeichnen, geringer als in grünen Mergeln und Kalkmergeln, die in Perioden besserer Durchlüftung abgelagert wurden.

In der Foraminiferen-Assoziation der 3 Redox-Zyklen von Section IV (Artenspektrum s. Abb. 5 a) dominieren mengenmäßig *Glomospira/Ammodiscus, Gaudryina, Tritaxia* und *Arenobulimina* bei den Sandschalern sowie *Gyroidina, Osangularia, Dentalina, Lenticulina, Astacolus, Pleurostomella* und gelegentlich *Vaginulina* bei den Kalkschalern. In der Sandschaler-Vergesellschaftung werden an der Basis des ersten Redox-Zyklus die triserialen Formen durch Glomospiren und grobagglutinierte Dorothien ersetzt. Während die Sandschaler-Assoziation durch große Häufigkeiten, aber geringe Diversität charakterisiert ist, fallen bei den Kalkschalern Häufigkeits- und Diversitätspeaks zusammen.

Einheit 6 in Section IV unterscheidet sich deutlich von Einheit 5 in Section III durch generell hohe P. F./B. F.-Verhältnisse und sehr geringe Radiolarien-Häufigkeiten.

In der Verteilung der Foraminiferen sind lithologisch abhängige Trends erkennbar: Die fossilarmen Kalke enthalten lediglich planktonische Foraminiferen. In den angrenzenden grüngrauen Mergeln steigt die Diversität der benthonischen Foraminiferen langsam an, bis sie in den dunkelgrünen, oftmals von *Chondrites* durchsetzten Mergeln ein Maximum erreicht. An der Basis eines Schwarzmergels nimmt die Diversität rasch ab und steigt in den überlagernden grünen Mergeln erneut an. Zu den mächtigen laminierten Schwarzmergel-Lagen im Zentrum eines Bündels hin gehen Diversität und Häufigkeit der benthonischen Foraminiferen gegen Null und nehmen in den überlagernden dunkelgrünen Mergeln auch nur allmählich wieder zu. Dagegen weisen die zahlreichen geringmächtigen schwarzen Mergel, die in ein Bündel eingeschaltet sind und mit dunkelgrünen Mergeln wechseln, ein relativ diverses Benthos-Spektrum auf. Eine typische Assoziation besteht aus primitiven Sandschalern, *Gaudryina*, *Arenobulimina*, *Dentalina*, *Pleurostomella*, *Gyroidina* und *Osangularia*. Diese Schwarzmergel wurden demnach im Gegensatz zu den für anoxisches Milieu charakteristischen, stets laminierten mächtigen Schwarzmergeln unter dysaeroben Bedingungen abgelagert, unter denen diese opportunistische Fauna noch gedeihen konnte. *Vaginulina*, *Marginulina* und *Planularia* konnten dagegen nur in besser durchlüftetem Bodenwasser existieren und fehlen daher in den Schwarzmergeln; sie sind auf die grünen Mergellagen beschränkt.

6.7 SECTION V, MEMBER 5, EINHEIT 11 (Abb. 6)

Gegenüber den Redox-Zyklen weisen die benthonischen Foraminiferen größere Häufigkeiten und Diversitäten auf.

Das Sandschaler-Spektrum wird mengenmäßig von triserialen Formen (*Gaudryina*, *Tritaxia*, *Clavulinoides*) und *Arenobulimina* beherrscht. Im oberen Abschnitt kommt *Dorothia* in größerer Häufigkeit hinzu. Die einfach gebauten, meist grobagglutinierten Formen (primitive Sandschaler, *Glomospira/Ammodiscus*, *Reophax/Ammobaculites*, *Trochammina*) treten hingegen untergeordnet auf. Sporadisch erscheinen *Spiroplectammina*, *Spiroplectinata* und *Marssonella*.

Die häufigsten Gattungen der Kalkschaler-Assoziation sind *Dentalina*, *Lenticulina*, *Gyroidina*, *Osangularia* und *Pleurostomella*. Daneben bestimmen *Globulina* und *Nodosaria* das Spektrum. In diesem Abschnitt erscheinen erstmals berippte Nodosarien. Untergeordnet kommen die Lenticuliniden-Gattungen *Saracenaria*, *Marginulina*, *Vaginulina*, *Planularia* sowie *Tristix* und *Ramulina* vor. *Discorbis* tritt erstmals im oberen Mittelteil des Profils auf.

Die Sandschaler- und Kalkschaler-Diversität sowie die Häufigkeit schwanken v. a. im unteren roten Abschnitt der Section V im cm-Bereich trotz gleichbleibender Lithologie. Die roten Mergel enthalten bis auf gelegentliche Verarmungen meist eine diverse Foraminiferen-Fauna. Aufgrund dieser Schwankungen sind die Häufigkeiten nicht immer positiv mit den Diversitäten korreliert.

Die Sandschaler/Kalkschaler-Verhältnisse lassen keinen eindeutigen Trend erkennen. Nach starken Schwankungen an der Basis des Profils liegen relativ ausgeglichene Verhältnisse vor. Die P. F./B. F.-Verhältnisse sind generell sehr hoch. Mit Ausnahme der erwähnten Abweichung in der oberen *T. praeticinensis*-Subzone fehlen planktonische Foraminiferen nur während Perioden mit hoher Kieselplankton-Produktivität.

Peaks der Radiolarien-Häufigkeit sind unabhängig von der Lithologie: im unteren roten Profilabschnitt sind sie auf die dünnen grünen Mergellagen beschränkt, im grünen Member in Profilmitte dagegen auf den Schwarzmergel-Horizont. Die SiO_2-Lagen erscheinen in roten und grünen Kalken gleichermaßen häufig, selten dagegen in roten Mergeln.

6.8 SECTION VI, MEMBER 5, OBERER TEIL VON EINHEIT 11 BIS OBERER TEIL VON EINHEIT 13 (Abb. 7)

Allgemeine Trends: Das Spektrum benthonischer Foraminiferen der Section V setzt sich in Section VI fort und wird lediglich duch *Quinqueloculina* und *Valvulineria* ergänzt. Die Häufigkeiten der Sandschaler und Kalkschaler sind fast im gesamten Profilabschnitt hoch; sie nehmen jedoch in den oberen Redox-Zyklen ab. Bei den Sandschalern dominieren *Arenobulimina*, *Tritaxia*, *Clavulinoides* und *Dorothia*. *Gaudryina* tritt im unteren roten Abschnitt häufig auf, danach nur noch sporadisch. *Dorothia* wird in den oberen Redox-Zyklen der Section VI seltener, *Arenobulimina* setzt bereits in den unterlagernden roten Mergeln aus; beide Gattungen waren zuvor generell häufig. Im obersten Profilabschnitt dominieren daher die triserialen Formen *Clavulinoides* und *Tritaxia*. Die untergeordnete Begleitfauna stimmt mit der von Section V überein.

In der Kalkschaler-Fauna dominieren an erster Stelle *Gyroidina* und *Pleurostomella*, daneben in etwas geringerer Häufigkeit *Osangularia*, *Gavelinella*, *Dentalina*, *Lagena*, *Globulina* und *Lenticulina*. *Valvulineria* zeigt ein Häufigkeitsmaximum im mittleren Abschnitt. Die übrigen Formen von Section V sowie *Quinqueloculina* sind seltener und irregulär verteilt. Die Diversität ist im unteren Profilteil bis zur Basis der Redox-Zyklen trotz kleiner Schwankungen überwiegend hoch. In den unteren Redox-Zyklen zeigt sie deutliche kurzzeitige Schwankungen. Sie sinkt im überlagernden roten Abschnitt in den Bereich unter 15 Arten ab und nimmt in den oberen Redox-Zyklen nochmals ab.

Sandschaler überwiegen im unteren Teil bis zum Top der Redox-Zyklen; danach herrschen weitgehend ausgeglichene Verhältnisse mit kleinen Kalkschaler-Peaks vor.

Spezielle Trends der Einheiten 11 bis 13: In Einheit 11 ist bei hoher Häufigkeit von *Arenobulimina* und *Gyroidina* die Diversität der Begleitfauna gering, bei geringer Häufigkeit dieser Formen dagegen relativ hoch. *Arenobulimina* und *Gyroidina*, zwei opportunistische und an dysaerobe Bedingungen angepaßte Gattungen, treten hier stets in etwa gleichem Verhältnis auf und dominieren demnach in Intervallen mit ungünstigeren Lebensbedingungen. Ähnliches gilt für die Dominanz von *Lenticulina* und die Diversität der begleitenden Lenticuliniden. Die Häufigkeit der Planktonten ist in diesem Abschnitt in Kalken und Mergeln gleich.

Die hellgrünen und dunkelgrünen Mergel der Einheit 12 weisen gegenüber Einheit 11 keine wesentlichen Veränderungen in der Diversität der benthonischen Foraminiferen auf.

Analog zu den Zyklen der Einheit 6 (Section IV) zeigen die dunkel grüngrauen Mergel des basalen Redox-Zyklus der Einheit 13 eine hohe benthonische Foraminiferen-Diversität. Ferner stimmen die geringere Häufigkeit und Diversität der Benthonten in der zentralen Schwarzmergel-Lage des Redox-Zyklus mit der der geringmächtigen schwarzen Mergel von Einheit 6 überein. Im Gegensatz zu dieser vom Sauerstoff-Gehalt des Bodenwassers kontrollierten Diversität weisen die beiden darüberfolgenden Redox-Zyklen von Einheit 13 kein einheitliches Diversitätsmuster auf: einige Schwarzmergel-Lagen zeigen hier eine höhere Diversität als die umgebenden dunkelgrünen Mergel. In den beiden oberen Redox-Zyklen von Einheit 13 ist hingegen die Diversität erneut von der Durchlüftung des Bodenwassers gesteuert.

Die auffälligen Diversitätsunterschiede dieser Redox-Zyklen verdeutlichen, daß die Foraminiferen-Assoziation nicht allein von kurzzeitigen Schwankungen im Sauerstoff-Gehalt des Tiefenwassers kontrolliert wurde, sondern auch von weiteren ozeanographischen Parametern, möglicherweise Änderungen der Nährstoff-Zufuhr.

6.9 SECTION VII, MEMBER 5, OBERER TEIL VON EINHEIT 13 BIS MITTLERER TEIL VON EINHEIT 15 (Abb. 8)

Die Sandschaler-Fauna besteht überwiegend aus *Clavulinoides*, *Tritaxia* und *Dorothia*. *Arenobulimina*, der dominierende Sandschaler in der unteren *R. ticinensis*-Zone, erscheint im oberen Teil von Section VII erneut. Weitere agglutinierte Foraminiferen treten in diesem Abschnitt zurück. Einige Arten von *Dorothia* sowie eine *Arenobulimina*-Art zeigen Riesenwuchs.

Die Kalkschaler-Assoziation wird eindeutig von *Gyroidina* und *Osangularia* bestimmt. *Pleurostomella* kommt im unteren und mittleren Teil des Profils konstant vor, danach jedoch nur noch lückenhaft. *Nodosaria, Dentalina* und *Lenticulina* gehen quantitativ stark zurück. Die Begleitfauna setzt sich aus *Lenticuliniden, Tristix, Discorbis* und *Valvulineria* zusammen. Im gesamten Profilabschnitt dominieren Kalkschaler über Sandschaler.

Die Häufigkeit der Planktonten ist in den Kalken und Mergeln identisch und generell sehr hoch; sie ist nur in den bündelartig eingeschalteten Radiolarien-Lagen reduziert.

Die Diversitätskurve zeigt in den roten und grünen Abschnitten im unteren und mittleren Teil von Section VII kleinere unregelmäßige Schwankungen.

Der Redox-Zyklus an der Basis der mächtigen grauen Kalkbänke im oberen Teil von Section VII weist eine hochdiverse Benthos-Fauna in einem dunkel grüngrauen Mergel auf, die an der Basis der überlagernden Schwarzmergel-Lage rasch zurückgeht. Im Gegensatz zu dieser vom Sauerstoff-Gehalt des Tiefenwassers gesteuerten Vergesellschaftung ist in den höchsten Redox-Zyklen des Profils kein eindeutiger Trend zu erkennen, da die Diversitätsunterschiede zwischen den grünen und schwarzen Mergeln minimal sind. Generell enthalten die Redox-Zyklen der *R. appenninica*-Zone weniger benthonische Foraminiferen als die entsprechenden Zyklen der *R. ticinensis*-Zone.

Der obere Teil von Section VII ist durch eine verarmte Assoziation aus *Arenobulimina, Gyroidina* und *Osangularia* charakterisiert.

7. STEUERUNGSFAKTOREN

7.1 PLANKTONTEN

Planktonische Foraminiferen sind hauptsächlich von Temperatur und Nährstoff-Angebot abhängig. Die geringen Unterschiede in Häufigkeit und Diversität der planktonischen Foraminiferen zwischen Kalkbänken und jeweils angrenzenden Mergellagen belegen eine generelle Unabhängigkeit vom Karbonatgehalt. Somit haben sich die von De Boer (1982) nachgewiesenen orbital gesteuerten Klimaschwankungen auf die planktonischen Foraminiferen nicht ausgewirkt. Dies gilt sowohl für die in den oberflächennahen Wasserschichten lebenden Hedbergellen, die am stärksten von Temperaturschwankungen betroffen sind, als auch für die in den mittleren Wasserschichten beheimateten Rotaliporen.

Der einzige, in allen Profilabschnitten beobachtete Trend ist das Fehlen planktonischer Foraminiferen in Horizonten mit Radiolarien-Anreicherung. Dieser Effekt, der an Perioden erhöhter Kieselplankton-Produktion im Oberflächenwasser gebunden ist, geht jedoch nicht auf eine verringerte Produktion kalkigen Planktons zurück, sondern auf Lösung der dünnwandigen perforierten kalkigen Gehäuse am Meeresboden unter sauren pH-Bedingungen.

7.2 BENTHONTEN

Die Verteilung der benthonischen Foraminiferen wird überwiegend vom Nährstoff-Angebot und vom Sauerstoff-Gehalt des Bodenwassers gesteuert. Beide Parameter sind vom overturn der Wassermassen abhängig. Ferner ist die Wassertiefe ein Kontrollfaktor bestimmter benthonischer Assoziationen.

In der Assoziation der Benthonten ist analog zu den Planktonten eine Unabhängigkeit vom Karbonatgehalt festzustellen. Eine Reaktion auf geringfügige Temperaturschwankungen ist jedoch bei den großenteils opportunistischen Tiefwasser-Formen nicht zu erwarten.

Deutliche Unterschiede finden sich hingegen in der benthonischen Fauna der grünen und schwarzen Mergel der Redox-Zyklen, die, da ausreichend Nährstoffe im Tiefenwasser vorhanden waren, auf Fluktuationen im Sauerstoff-Gehalt des Bodenwassers zurückgehen. Die Durchlüftung des Bodenwassers stellte somit den wichtigsten Steuerungsfaktor der benthonischen Foraminiferen-Assoziation der Scisti a Fucoidi dar (vgl. Premoli Silva, Erba & Tornaghi 1989). Damit läßt sich jedoch nur die Foraminiferen-Assoziation in den Redox-

Zyklen erklären, nicht hingegen das mehrfache langzeitige Verschwinden und Wiederauftreten einiger allgemein häufiger und ausgesprochen opportunistischer Gattungen wie z. B. *Dorothia*, *Arenobulimina* und *Gyroidina* in der Oberen Kalk-Mergel-Wechsellagerung. Dies geht wahrscheinlich auf längerfristige Schwankungen gewisser paläozeanographischer Parameter zurück, wie z. B. Nährstoff-Angebot oder Meeresströmungen. Zur Klärung dieser Frage werden isotopengeochemische Untersuchungen genauere Ergebnisse liefern (Buggisch & Noé, in Vorbereitung).

Die benthonische Foraminiferen-Fauna, die P.F./B.F.-Verhältnisse und der Erhaltungsgrad der Foraminiferen-Fauna sowie die Spurenfossilien deuten auf eine Ablagerung der Scisti a Fucoidi im unteren Bathyal oberhalb der Calcit-Lysokline hin. Die Assoziationen geben keine Hinweise auf Änderungen der Wassertiefe im Verlauf des Apt/Alb.

8. ZUSAMMENFASSUNG

Die hochauflösende Zyklo- und Biostratigraphie der pelagischen Sedimentation des Apt/Alb im Umbrisch-Marchischen Apennin, der Scisti a Fucoidi, zeigt charakteristische Sedimentationszyklen. Diese wurden von der Basis zum Top in 5 Members zusammengefaßt:

1. Selli Level (*G. blowi*-Zone bis *L. cabri*-Zone): Das Oceanic Anoxic Event No. 1 besteht im unteren Teil aus einer Wechsellagerung von bräunlichen Radiolarien-Siltsteinen und grünen Tonsteinen, im oberen Teil dagegen überwiegend aus Schwarzschiefern mit geringmächtigen Einschaltungen von Radiolarien-Siltsteinen. Die Häufigkeits-Peaks der Radiolarien spiegeln Produktivitätszyklen des kieseligen Mikroplanktons wider.

2. Untere Kalk-Mergel-Wechsellagerung (*G. ferreolensis*-Zone bis *H. trocoidea*-Zone): Die roten Abfolgen von Kalkmergel/Mergel-Paaren mit schwankender Mächtigkeit der Kalkmergel-Lagen stellen Karbonat-Produktivitätszyklen dar, die sich in der Nannoconiden-Häufigkeit ausdrücken.

3. Bräunliche Mergel (*H. planispira*-Zone): Die unregelmäßige Wechsellagerung von Mergeln und kalkigen Mergeln zeigt Phänomene starker Karbonatlösung am Meeresboden, die für die Dominanz der tonreichen Sedimente verantwortlich war.

4. Redox-Zyklen (*T. primula*/*H. rischi*-Zone): Eine symmetrische Wechselfolge von grauen mergeligen Kalken und grünen bis schwarzen Mergeln, die in Bündeln zusammengefaßt sind, reflektiert Fluktuationen der Primärproduktivität, die sich in kleinmaßstäblichen Zyklen aus grünen und schwarzen Mergellagen manifestieren. Sie sind von Fluktuationen der Karbonatproduktivität überlagert, die von mergeligen Kalken als Endmembers eines Bündels aus kleinmaßstäblichen Zyklen repräsentiert sind. Eine erhöhte Primärproduktivität führte infolge geringer Bodenwasser-Zirkulation zu einer Sauerstoff-Verarmung am Meeresboden.

5. Obere Kalk-Mergel-Wechsellagerung (*T. praeticinensis*-Subzone bis *R. appenninica*-Zone): Von der überwiegend mergeligen Sedimentation des unterlagernden Abschnitts der Scisti a Fucoidi unterscheidet sich das Member durch eine Wechsellagerung aus mächtigen Kalkbänken und dünnen Mergellagen. Die Kalk-Mergel-Paare stellen Fluktuationen der Karbonat-Produktivität dar, die in der Nannoconiden-Häufigkeit zum Ausdruck kommt. Der untere Abschnitt der Wechsellagerung ist v. a. von geringmächtigen Redox-Zyklen überlagert, die Fluktuationen der Primärproduktivität widerspiegeln. Rhythmische Einschaltungen von $CaCO_3/SiO_2$-Zyklen kommen in der gesamten Abfolge vor, sind jedoch in der *T. praeticinensis*-Subzone und in der *R. appenninica*-Zone konzentriert. Diese Zyklen charakterisieren Perioden mit erhöhter Kieselplankton-Produktion bei konstanter Produktion von kalkigem Plankton im Oberflächenwasser sowie verstärkter Karbonatlösung am Meeresboden.

Nach den paläozeanographischen Untersuchungen eines Italienisch-Amerikanischen Forscherteams reflektieren die Sedimentationszyklen des Piobbico Core den ca. 20-ka Präzessionszyklus und den ca. 100-ka Exzentrizitätszyklus. Orbital induzierte Klimaschwankungen werden als primäre Kontrolle der Produktivität von kalkigem Nannoplankton angesehen.

Die hochauflösende Auswertung der Diversitäten der Foraminiferen-Taxa, der Häufigkeiten und Gruppenverteilungsmuster in der zeitlichen Abfolge hat gezeigt, daß die benthonische Foraminiferen-Assoziation stark von der Durchlüftung des Bodenwassers abhängig war. Sowohl die Planktonten als auch die Benthonten haben auf die kurzzeitigen, orbital gesteuerten Klimaschwankungen nicht reagiert. Längerfristige Fluktuationen der paläozeanographischen Bedingungen haben sich dagegen auf einige Gattungen der benthonischen Foraminiferen stärker ausgewirkt.

ANHANG

FORAMINIFEREN-GESAMTFAUNA DER SCISTI A FUCOIDI

Sandschaler:

Rhabdammina sp., Sars 1869
Rhizammina algaeformis Brady, 1879
Psammosiphonella sp., Saidova 1970
Bathysiphon sp., Sars 1869
Nothia grilli (Noth, 1951)
Hyperammina gaultina Ten Dam, 1950
Saccorhiza sp., Eimer & Fickert 1899

Saccammina sp., Sars 1869
Glomospira charoides charoides (Jones & Parker, 1860)
Glomospira charoides corona Cushman & Jarvis, 1928
Glomospira gordialis (Jones & Parker, 1860)
Glomospira serpens (Grzybowski, 1896)
Glomospirella gaultina (Berthelin, 1880)
Ammodiscus cretaceus (Reuss, 1845)
Ammodiscus infimus Franke, 1936
Ammodiscus siliceus (Terquem, 1862)
Lituotuba incerta Franke, 1928
Paratrochamminoides sp., Soliman 1972
Hormosina ovulum (Grzybowski, 1896)
Reophax liasicus Franke, 1936
Reophax minutus Tappan, 1940
Haplostiche sp., Reuss 1861
Haplophragmoides concavus (Chapman, 1892)
Haplophragmoides kirki Wickenden, 1932
Haplophragmoides multiformis Akimets, 1966
Ammobaculites amabilis Fuchs, 1967
Ammobaculites subcretaceus Cushman & Alexander, 1930
Spiroplectammina gandolfii Carbonnier, 1952
Trochammina depressa Lozo, 1944
Trochammina globigeriniformis Cushman, 1910
Tochammina wetteri Stelck & Wall, 1955
Gaudryina dividens Grabert, 1959
Spiroplectinata annectens (Parker & Jones, 1863)
Spiroplectinata complanata (Reuss, 1860)
Spiroplectinata lata Grabert, 1959
Tritaxia macfadyeni Cushman, 1936
Tritaxia plummerae Cushman, 1936
Tritaxia pyramidata Reuss, 1863
Tritaxia tricarinata (Reuss, 1845)
Clavulinoides gaultinus (Morozova, 1948)
Clavulina eggeri (Cushman, 1936)
Clavulina cf. *parisiensis* d'Orbigny, 1826
Arenobulimina aff. *conoidea* (Perner, 1892)
Arenobulimina macfadyeni Cushman, 1936
Arenobulimina macfadyeni elongata Barnard & Banner, 1980
Arenobulimina ovoidea Marie, 1941
Arenobulimina aff. *ovoidea* Marie, 1941
Dorothia filiformis (Berthelin, 1880)
Dorothia gradata (Berthelin, 1880)
Dorothia? hostaensis (Morozova, 1948)
Dorothia hyperconica Risch, 1970
Dorothia cf. *hyperconica* Risch, 1970
Dorothia ouachensis (Sigal, 1952)
Dorothia pupa (Reuss, 1860)
Dorothia cf. *smokyensis* Wall, 1960
Dorothia zedlerae Moullade, 1966
Dorothia cf. *zedlerae* Moullade, 1966
Dorothia sp., Plummer 1931
Marssonella oxycona (Reuss, 1860)

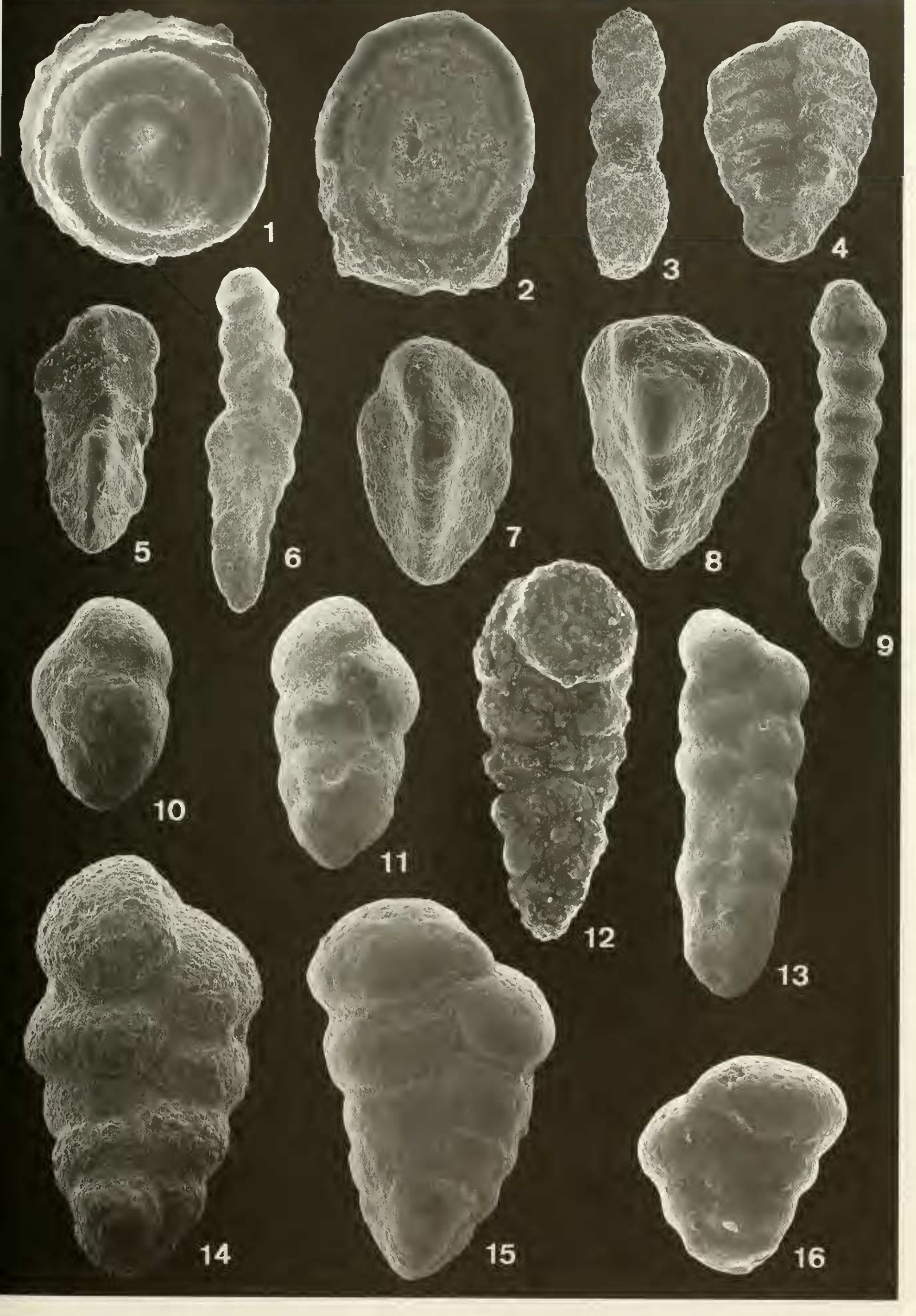
Benthonische Kalkschaler:
Quinqueloculina antiqua (Franke, 1928)
Nodosaria annulata Reuss, 1845
Nodosaria concinna Reuss, 1860
Nodosaria limbata d'Orbigny, 1840
Nodosaria cf. *nana* Reuss, 1860
Nodosaria nuda Reuss, 1863
Nodosaria obscura Reuss, 1945
Nodosaria orthopleura Reuss, 1863
Nodosaria paupercula Reuss, 1845
Nodosaria prismatica Reuss, 1860
Nodosaria cf. *raphanistriformis* (Gumbel, 1862)
Dentalina catenula Reuss, 1860
Dentalina communis (d'Orbigny, 1826)
Dentalina cylindroides Reuss, 1860
Dentalina discrepans Reuss, 1860
Dentalina distincta Reuss, 1860
Dentalina filiformis (Reuss, 1845)
Dentalina gracilis (d'Orbigny, 1840)
Dentalina cf. *laevigata* Nilsson, 1827
Dentalina legumen (Reuss, 1845)
Dentalina lorneiana (d'Orbigny, 1840)
Dentalina nana (Reuss, 1863)
Dentalina oligostegia (Reuss, 1845)
Dentalina plebeja (Reuss, 1855)
Dentalina soluta Reuss, 1851
Dentalina cf. *westfalica* Franke, 1928
Lagena apiculata Reuss, 1851
Lagena globosa (Montagu, 1803)
Lagena sulcata (Walker & Jacob, 1798)
Lagena vulgaris Reuss, 1862
Lenticulina gaultina (Berthelin, 1880)
Lenticulina heiermanni Bettenstaedt, 1952
Lenticulina inornata (d'Orbigny, 1860)
Lenticulina rotulata (Lamarck, 1804)
Lenticulina saxocretacea Bartenstein, 1954
Lenticulina saxonica Bartenstein & Brand, 1951
Lenticulina secans (Reuss, 1860)
Lenticulina subalata (Reuss, 1854)
Lenticulina subgaultina Bartenstein, 1962
Astacolus crepidulus (Fichtel & Moll, 1803)
Astacolus evolutus Magniez-Jannin, 1975
Astacolus gratus (Reuss, 1863)
Astacolus planiusculus (Reuss, 1863)
Astacolus sp., Montfort 1808
Marginulina bullata Reuss, 1845
Marginulina inaequalis Reuss, 1860
Marginulina soluta Reuss, 1860
Planularia complanata complanata (Reuss, 1845)
Planularia complanata ornatissima Magniez-Jannin, 1975
Planularia umbonata Loetterle, 1937
Vaginulina aptiensis Eichenberg, 1936
Vaginulina arguta Reuss, 1860
Vaginulina parallela Reuss, 1863
Vaginulina recta Reuss, 1863
Saracenaria forticosta (Bettenstaedt, 1952)
Saracenaria italica Defrance, 1824
Saracenaria italica f. *arcuata* d'Orbigny, 1840
Saracenaria triangularis (d'Orbigny, 1840)
Pseudonodosaria brandi (Tappan, 1955)
Pseudonodosaria mutabilis (Reuss, 1863)
Lingulina furcillata Berthelin, 1880
Lingulina loryi (Berthelin, 1880)
Lingulina nodosaria Reuss, 1863
Glandulina cylindracea Reuss, 1860
Glandulina parallela Marsson, 1878
Glandulina parallela f. *dentalina* Alth, 1850

Ellipsoglandulina globulifera (FRANKE, 1912)
Globulina prisca REUSS, 1863
Ramulina abscissa LOEBLICH & TAPPAN, 1946
Ramulina aculeata (D'ORBIGNY, 1840)
Ramulina globulifera BRADY, 1879
Ramulina laevis JONES, 1875
Tristix acutangula (REUSS, 1863)
Tristix articulata (REUSS, 1863)
Tristix excavata (REUSS, 1863)
Discorbis sp., LAMARCK 1804
Valvulineria infracretacea (MOROZOVA, 1948)
Pleurostomella barroisi BERTHELIN, 1880
Pleurostomella bulbosa (TEN DAM, 1950)
Pleurostomella fusiformis REUSS, 1860
Pleurostomella reussi BERTHELIN, 1880
Pleurostomella subnodosa REUSS, 1860
Gyroidina globosa (HAGENOW, 1842)
Gyroidina nitida (REUSS, 1845)
Gyroidina sp., D'ORBIGNY 1826
Osangularia schloenbachi (REUSS, 1863)
Osangularia sp., BROTZEN 1940
Globorotalites bartensteini BETTENSTAEDT, 1952
Gavelinella baltica BROTZEN, 1942
Gavelinella barremiana BETTENSTAEDT, 1952
Gavelinella cenomanica (BROTZEN, 1945)
Gavelinella intermedia (BERTHELIN, 1880)

Planktonische Foraminiferen:
Globuligerina hoterivica (SUBBOTINA, 1953)
Favusella washitensis (CARSEY, 1926)
Planomalina buxtorfi (GANDOLFI, 1942)
Planomalina cheniourensis (SIGAL, 1952)
Planomalina praebuxtorfi WONDERS, 1975
Globigerinelloides algerianus CUSHMAN & TEN DAM, 1948
Globigerinelloides aptiense LONGORIA, 1974
Globigerinelloides bentonensis (MORROW, 1934)
Globigerinelloides blowi (BOLLI, 1959)
Globigerinelloides caseyi (BOLLI, LOEBLICH & TAPPAN, 1957)
Globigerinelloides duboisi (CHEVALIER, 1961)
Globigerinelloides ferreolensis (MOULLADE, 1961)
Globigerinelloides gottisi (CHEVALIER, 1961)
Globigerinelloides gyroidinaeformis (MOULLADE, 1966)
Globigerinelloides maridalensis (BOLLI, 1959)
Globigerinelloides saundersi (BOLLI, 1959)
Globigerinelloides sp., CUSHMAN & TEN DAM 1948
Biticinella breggiensis (GANDOLFI, 1942)
Biticinella subbreggiensis SIGAL, 1966
Schackoina bermi WEIDICH, 1987
Schackoina cenomana (SCHACKO, 1897)
Leupoldina cabri (SIGAL, 1952)
Hedbergella delrioensis (CARSEY, 1926)
Hedbergella hagni WEIDICH, 1987
Hedbergella hispaniae LONGORIA, 1974
Hedbergella infracretacea (GLAESSNER, 1937)
Hedbergella occulta LONGORIA, 1974
Hedbergella planispira (TAPPAN, 1940)
Hedbergella cf. *planispira* (TAPPAN, 1940)
Hedbergella praetrocoidea KRETZSCHMAR & GORBACHIK, 1986
Hedbergella rischi MOULLADE, 1966
Hedbergella sigali MOULLADE, 1966
Hedbergella similis LONGORIA, 1974
Hedbergella simplex (MORROW, 1934)
Hedbergella trocoidea (GANDOLFI, 1942)
Praeglobotruncana delrioensis (PLUMMER, 1931)
Praeglobotruncana stephani (GANDOLFI, 1942)
Rotalipora appenninica (RENZ, 1936)
Rotalipora balernaensis GANDOLFI, 1957
Rotalipora subticinensis (GANDOLFI, 1957)
Rotalipora ticinensis (GANDOLFI, 1942)
Ticinella madecassiana SIGAL, 1966
Ticinella praeticinensis SIGAL, 1966
Ticinella primula LUTERBACHER, 1964
Ticinella raynaudi raynaudi SIGAL, 1966
Ticinella raynaudi aperta SIGAL, 1966
Ticinella raynaudi digitalis SIGAL, 1966

Tafel 1

Fig. 1 *Glomospira charoides charoides* (JONES & PARKER). - Oberapt, APE 25; x 145.
Fig. 2 *Ammodiscus cretaceus* (REUSS). - Oberalb, VN 82; x 140.
Fig. 3 *Reophax minutus* TAPPAN. - Oberalb, VN 76; x 100.
Fig. 4 *Spiroplectammina gandolfii* CARBONNIER. - Oberalb, VN 98; x 140.
Fig. 5 *Gaudryina dividens* GRABERT. - Unteralb, APE 78; x 100.
Fig. 6 *Spiroplectinata annectens* (PARKER & JONES). - Mittelalb, APE 154; x 100.
Fig. 7 *Tritaxia tricarinata* (REUSS). - Unteralb, APE 84; x 100.
Fig. 8 *Tritaxia pyramidata* REUSS. -Unteralb, APE 88; x 145.
Fig. 9 *Clavulinoides gaultinus* (MOROZOVA). - Oberalb, VN 61; x 100.
Fig. 10 *Arenobulimina ovoidea* MARIE. - Oberalb, VN 48; x 105.
Fig. 11 *Arenobulimina macfadyeni* CUSHMAN. - Oberalb, VN 94; x 100.
Fig. 12 *Dorothia ouachensis* (SIGAL). - Unterapt, APE 17; x 140.
Fig. 13 *Dorothia filiformis* (BERTHELIN). - Mittelalb, APE 164; x 105.
Fig. 14 *Dorothia gradata* (BERTHELIN). - Oberalb, VN 109; x 100.
Fig. 15 *Dorothia hyperconica* RISCH. - Oberalb, VN 119; x 100.
Fig. 16 *Dorothia? hostaensis* (MOROZOVA). - Oberapt, APE 25; x 140.


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16

SCHRIFTENVERZEICHNIS

ARTHUR, M. A., DEAN, W. E., BOTTJER, D. J. & SCHOLLE, P. A. (1984): Rhythmic bedding in Mesozoic-Cenozoic pelagic carbonate sequences: the primary and diagenetic origin of Milankovitch-like cycles. - In: BERGER, A., IMBRIE, J., HAYS, J., KUKLA, G. & SALTZMAN, B. (Hrsg.): Milankovitch and climate, 191-222, 12 Abb., 1 Tab.; Dordrecht (Reidel).

ARTHUR, M. A. & SCHLANGER, S. O. (1979): Cretaceous „Oceanic Anoxic Events" as causal factors in development of reef-reservoired giant oil fields. - AAPG Bull., 63 (6): 870-885, 6 Abb.; Tulsa.

CALAMITA, F., CENTAMORE, E., DEIANA, G. & MICARELLI, A. (1986): Evoluzione tettonico-sedimentaria dell'area Umbro-Marchigianad al Trias al Pleistocene. - Studi Geologici Camerti, Vol. Spec. „La Geologia delle Marche" (1986): 89-90; Camerino.

CENTAMORE, E., DEIANA, G., MICARELLI, A. & POTETTI, M. (1986): Il Trias-Paleogene delle Marche. - Studi Geologici Camerti, Vol. Spec. „La Geologia delle Marche" (1986): 9-27, 13 Abb.; Camerino.

COCCIONI, R., FRANCHI, R., NESCI, O., PERILLI, N., WEZEL, F. C. & BATTISTINI, F. (1989): Stratigrafia, micropaleontologia e mineralogia delle Marne a Fucoidi (Aptiano inferiore-Albiano superiore) delle sezioni di Poggio le Guaine e del Fiume Bosso (Appennino umbro-marchigiano). - Contributo 121 Ist. Geol. Univ. Urbino: 38 S., 6 Abb., 12 Taf.; Urbino.

COCCIONI, R., FRANCHI, R., NESCI, O., WEZEL, F. C., BATTISTINI, F. & PALLECCHI, P. (1989): Stratigraphy and mineralogy of the Selli level (Early Aptian) at the base of the Marne a Fucoidi in the Umbro-Marchean Apennines (Italy). - In: WIEDMANN, J. (Hrsg.): Cretaceous of the Western Tethys: Proceedings 3rd International Cretaceous Symposium, Tübingen 1987: 563-584, 12 Abb., 2 Tab.; Stuttgart (Schweitzerbart).

CRESCENTI, U., CROSTELLA, A., DONZELLI, G. & RAFFI, G. (1969): Stratigrafia della serie calcarea dal Lias al Miocene nella regione marchigiano-abruzzese (Parte II-litostratigrafia, biostratigrafia, paleogeografia). - Mem. Soc. Geol. Ital., 8 (4): 343-420, 65 Abb., 3 Tab.; Pisa.

DE BOER, P. L. (1982): Some remarks about the stable isotope composition of cyclic pelagic sediments from the Cretaceous in the Apennines (Italy). - In: SCHLANGER, S. O. & CITA, M. B. (Hrsg.): Nature and origin of carbon-rich facies, 129-144, 5 Abb.; London (Academic Press).

DE BOER, P. L. (1983): Aspects of Middle Cretaceous pelagic sedimentation in Southern Europe; production and storage of organic matter, stable isotopes, and astronomical influences. Thesis. - Instituut voor Aardwetenschappen der Rijksuniversiteit, Utrecht, 31: 112 S.; Utrecht.

DE BOER, P. L. & WONDERS, A. A. H. (1984): Astronomically induced rhythmic bedding in the Cretaceous pelagic sediments near Moria (Italy). - In: BERGER, A., IMBRIE, J., HAYS, J., KUKLA, G. & SALTZMAN, B. (Hrsg.): Milankovitch and climate, 177-190, 4 Abb.; Dordrecht.

ERBA, E. (1988): Aptian-Albian calcareous nannofossil biostratigraphy of the Scisti a Fucoidi cored at Piobbico (Central Italy). - Riv. It. Paleont. Strat., 94 (2): 249-284, 4 Abb., 1 Taf.; Milano.

FISCHER, A. G. & HERBERT, T. D. (1988): Stratification rhythms: Italo-American studies in the Umbrian facies. - Mem. Soc. Geol. It., 31: 45-51, 4 Abb.; Roma.

FISCHER, A. G., HERBERT, T. D., NAPOLEONE, G., PREMOLI SILVA, I. & RIPEPE, M. (1991): Albian pelagic rhythms (Piobbico Core). - J. Sed. Petrol., 61 (7): 1164-1172, 4 Abb.; Tulsa.

FISCHER, A. G., HERBERT, T. D. & PREMOLI SILVA, I. (1985): Carbonate bedding cycles in Cretaceous pelagic and hemipelagic sequences. - SEPM Field Trip Guidebook, 4: 1-10, 6 Abb., 1 Tab.; Tulsa.

HERBERT, T. D. & FISCHER, A. G. (1986): Milankovitch climatic origin of mid-Cretaceous black shale rhythms in central Italy. - Nature, 321: 739-743; London.

HERBERT, T. D., STALLARD, R. F. & FISCHER, A. G. (1986): Anoxic events, productivity rhythms and the orbital signature in a mid-Cretaceous deep-sea sequence from central Italy. - Paleoceanography, 1 (4): 495-506, 5 Abb.; Washington D. C.

MONTANARI, A., CHAN, L. S. & ALVAREZ, W. (1989): Synsedimentary tectonics in the late Cretaceous-early Tertiary pelagic basin of the Nothern Apennines, Italy. - SEPM Spec. Publ., 44: 379-399, 19 Abb.; Tulsa.

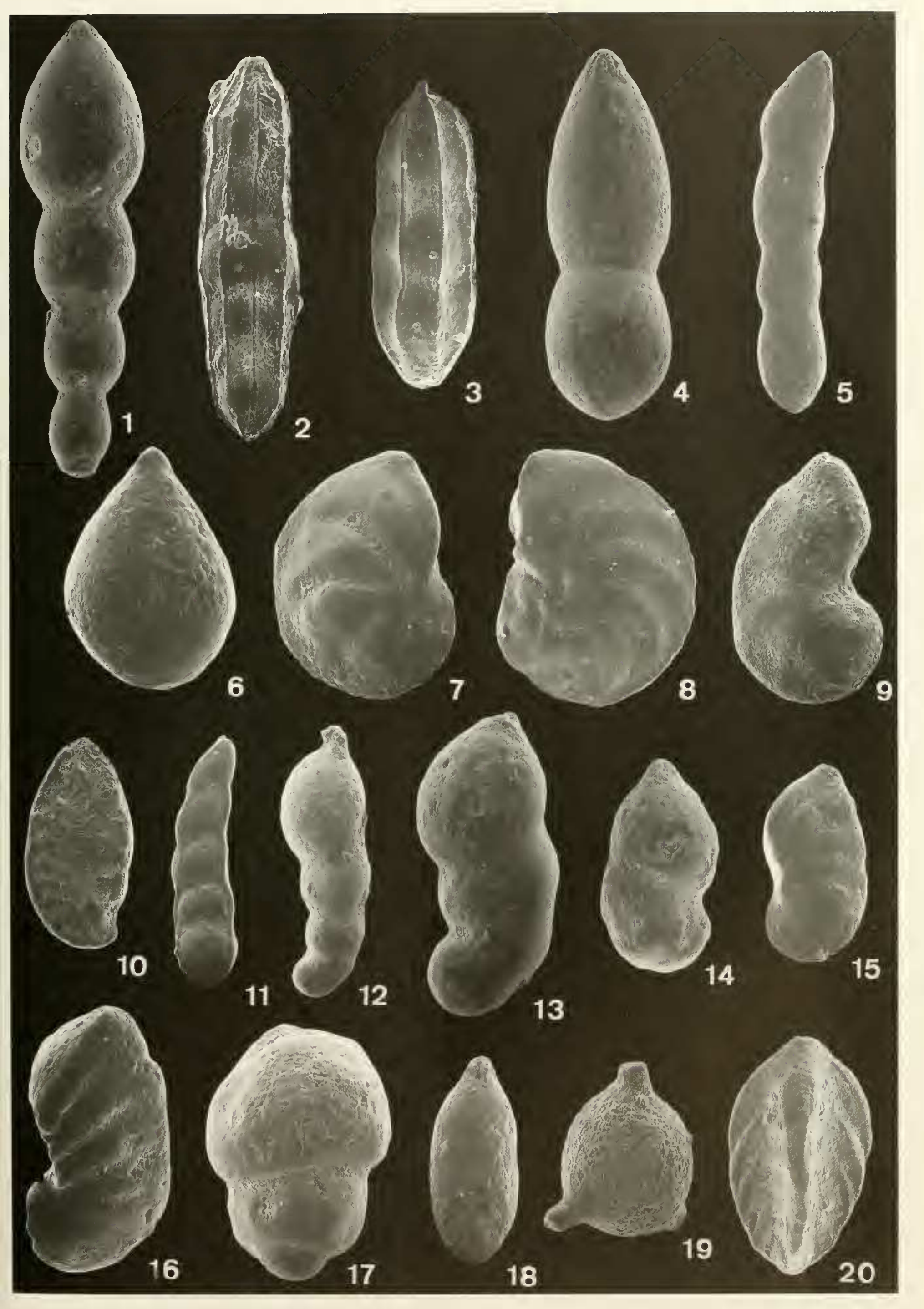
NOÉ, S. (zum Druck eingereicht): High-resolution cyclostratigraphy of Aptian/Albian pelagic sedimentary cycles in the Umbro-Marchean Apennines (Central Italy). - Mitt. Geol.-Paläont. Inst. Univ. Hamburg.

PRATT, C. M. & KING, J. D. (1986): Variable marine productivity and high eolian input recorded by rhythmic black shales in mid-

---

Tafel 2

Fig. 1 *Nodosaria concinna* REUSS. - Oberapt, APE 63; x 100.
Fig. 2 *Nodosaria paupercula* REUSS. - Oberapt, APE 63; x 95.
Fig. 3 *Nodosaria obscura* REUSS. - Mittelalb, APE 160; x 100.
Fig. 4 *Dentalina oligostegia* (REUSS). - Mittelalb, VN 113; x 100.
Fig. 5 *Dentalina distincta* REUSS. - Oberapt, APE 45; x 100.
Fig. 6 *Lagena globosa* (MONTAGU). - Oberapt, APE 27; x 150.
Fig. 7 *Lenticulina heiermanni* BETTENSTAEDT. - Oberapt, APE 35; x 100.
Fig. 8 *Lenticulina saxocretacea* BARTENSTEIN. - Oberapt, APE 17; x 100.
Fig. 9 *Astacolus gratus* (REUSS). - Mittelalb, APE 145; x 145.
Fig. 10 *Planularia complanata ornatissima* MAGNIEZ-JANNIN. - Vraconnian, VN 284; x 100.
Fig. 11 *Vaginulina aptiensis* EICHENBERG. - Oberapt, APE 54; x 100.
Fig. 12 *Marginulina soluta* REUSS. - Mittelalb, APE 154; x 100.
Fig. 13 *Marginulina inaequalis* REUSS. - Oberalb, VN 241; x 100.
Fig. 14 *Marginulina bullata* REUSS. - Oberalb, VN 183; x 100.
Fig. 15 *Saracenaria italica* DEFRANCE. - Oberapt, APE 33; x 105.
Fig. 16 *Saracenaria forticosta* (BETTENSTAEDT). - Oberapt, APE 27; x 140.
Fig. 17 *Lingulina furcillata* (BERTHELIN). - Oberalb, VN 152; x 140.
Fig. 18 *Globulina prisca* REUSS. - Oberapt, APE 31; x 100.
Fig. 19 *Ramulina laevis* JONES. - Mittelalb, VN 55; x 100.
Fig. 20 *Tristix excavata* (REUSS). - Mittelalb, APE 164; x 100.


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20

Cretaceous pelagic deposits from Central Italy. - Paleoceanography, 1 (4): 507-522, 3 Abb., 2 Tab.; Washington D. C.

Premoli Silva, I., Erba, E. & Tornaghi, M. E. (1989): Paleoenvironmental signals and changes in surface fertility in mid Cretaceous Corg-rich pelagic facies of the Fucoid Marls (Central Italy). - Geobios, Mem. Spec., 11: 225-236, 6 Abb., 3 Tab.; Lyon.

Premoli Silva, I., Ripepe, M. & Tornaghi, M. E. (1989): Planktonic foraminiferal distribution record productivity cycles: evidence from the Aptian-Albian Piobbico core (Central Italy). - Terra Nova, 1 (5): 443-448, 5 Abb.; Oxford.

Schwarzacher, W. & Fischer, A. G. (1982): Limestone-shale bedding and perturbations of the earth's orbit. - In: Einsele, G. & Seilacher, A. (Hrsg.): Cyclic and event stratification, 72-95, 7 Abb.; Berlin (Springer).

Sliter, W. V. (1989): Biostratigraphic zonation for Cretaceous planktonic foraminifers examined in thin section. - J. Foram. Res., 19 (1): 1-19, 6 Abb., Taf. 1-3; Lawrence.

Tornaghi, M. E., Premoli Silva, I. & Ripepe, M. (1989): Lithostratigraphy and planktonic foraminiferal biostratigraphy of the Aptian-Albian „Scisti a Fucoidi", Piobbico Core, Marche, Italy; background for cyclostratigraphy. - Riv. It. Paleont. Strat., 95: 223-264, 3 Abb., 16 Taf.; Milano.

Foraminiferen-Literatur

Atlas...1 (1979): Atlas de foraminifères planctoniques du Crétacé moyen (Mer boréale et tethys). - Cahiers de Micropaléont., 1979 (1): 1-185, 6 Abb., Taf. 1-39, 1 Tab.; Paris.

Banner, F. T. & Pereira, C. P. G. (1981): Some biserial and triserial agglutinated smaller foraminifera: their wall structure and its significance. - J. Foram. Res., 11 (2): 85-117, 10 Taf.; Washington, D. C.

Barnard, T. & Banner, F. T. (1980): The Ataxophragmiidae of England: Part 1, Albian-Cenomanian Arenobulimina and Crenaverneuilina. - Rev. Esp. Micropal., 12 (3): 383-430, 3 Abb., Taf. 1-8; Madrid.

Bartenstein, H. (1952): Systematisch-taxonomische Bemerkungen zu den Foraminiferen-Gattungen *Tribrachia* Loeblich & Tappan, *Tetraplasia* Bartenstein & Brand und *Centenaria* Majzon. - Paläont. Z., 26: 248-254, 3 Abb., 1 Tab.; Suttgart.

Bartenstein, H. (1954): Revision von Berthelin's Mémoire 1880 über die Alb-Foraminiferen von Montcley. - Senck. leth., 35: 37-50, 1 Taf.; Frankfurt.

Bartenstein, H. (1962): Neue Foraminiferen aus Unterkreide und Oberkeuper NW-Deutschlands und der Schweiz. - Senck. leth., 43: 135-149, 3 Abb., Taf. 15; Frankfurt.

Bartenstein, H. (1976): Practical applicability of a zonation with benthonic foraminifera in the worldwide Lower Cretaceous. - Geol. Mijnbouw, 55: 83-86, 1 Abb.; Amsterdam.

Bartenstein, H. (1977): Stratigraphic parallelisation of the Lower Cretaceous in the northern hemisphere-zonation with benthonic index foraminifera. - Newsl. Stratigr., 6: 30-41, 1 Abb., 2 Tab.; Berlin-Stuttgart.

Bartenstein, H. & Bolli, H. M. (1986): The Foraminifera in the Lower Cretaceous of Trinidad, W. I. - Part 5: Maridale Formation, upper part; *Hedbergella rohri* zone. - Eclogae geol. Helv., 79: 945-999, 6 Taf.; Basel.

Bartenstein, H. & Brand, E. (1951): Mikropaläontologische Untersuchungen zur Stratigraphie des nordwestdeutschen Valendis. - Abh. senckenb. naturforsch. Ges., 485: 239-337, 3 Abb., 25 Taf.; Frankfurt.

Bartenstein, H., Bettenstaedt, F. & Bolli, H. M. (1957): Die Foraminiferen der Unterkreide von Trinidad, B. W. I. - Erster Teil: Cuche- und Toco-Formation. - Eclogae geol. Helv., 50: 5-67, 3 Abb., 8 Taf.; Basel.

Bartenstein, H., Bettenstaedt, F. & Bolli, H. M. (1966): Die Foraminiferen der Unterkreide von Trinidad, W. I. - Zweiter Teil: Maridale Formation (Typlokalität). - Eclogae geol. Helv., 59: 129-177, 1 Abb., 4 Taf.; Basel.

Berthelin, G. (1880): Mémoire sur les Foraminifères fossiles de l'Etage Albien de Montcley (Doubs). - Mém. Soc. Geol. France, (3), 1: 1-84, 4 Taf.; Paris.

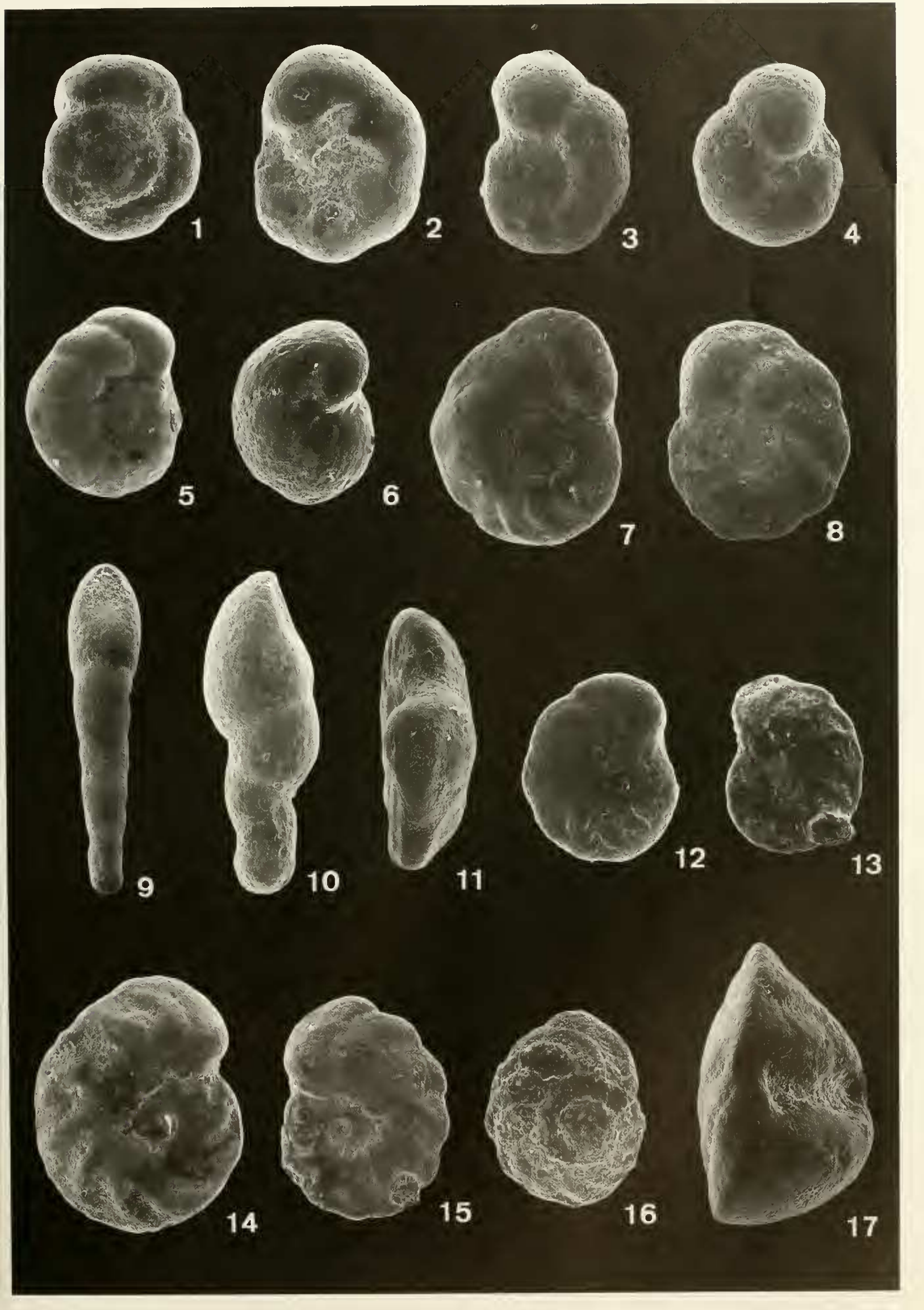
Bertram, H. & Kemper, E. (1982): Die Foraminiferen des späten Apt und frühen Alb Nordwestdeutschlands. - Geol. Jb., A65: 481-497, 3 Taf.; Hannover.

Bettenstaedt, F. (1952): Stratigraphisch wichtige Foraminiferen-Arten aus dem Barreme vorwiegend Nordwest-Deutschlands. - Senckenbergiana, 33: 263-295, 4 Taf., 1 Tab.; Frankfurt.

Bolli, H. M. (1957): The Foraminiferal Genera *Schackoina* Thalmann, emended and *Leupoldina*, n. gen. in the Cretaceous of Trinidad, B. W. I. - Eclogae geol. Helv., 50: 271-278, 1 Abb., 2 Taf.; Basel.

Tafel 3

Fig. 1 *Discorbis* sp. - Vraconnian, VN 287; x 140.
Fig. 2 *Discorbis* sp. - Mittelalb, VN 112; x 100.
Fig. 3 *Valvulineria infracretacea* (Morozova). - Oberalb, VN 159; x 145.
Fig. 4 *Valvulineria infracretacea* (Morozova). - Oberalb, VN 159; x 150.
Fig. 5 *Gyroidina nitida* (Reuss). - Oberapt, APE 29; x 140.
Fig. 6 *Gyroidina nitida* (Reuss). - Oberapt, APE 25; x 167.
Fig. 7 *Gavelinella barremiana* Bettenstaedt. - Oberapt, APE 19; x 140.
Fig. 8 *Gavelinella barremiana* Bettenstaedt. - APE 19; x 140.
Fig. 9 *Pleurostomella subnodosa* Reuss. - Mittelalb, APE 147; x 100.
Fig. 10 *Pleurostomella bulbosa* (Ten Dam). - Mittelalb, VN 84; x 100.
Fig. 11 *Gavelinella intermedia* (Berthelin). - Oberapt, APE 29; x 167.
Fig. 12 *Gavelinella intermedia* (Berthelin). - Oberapt, APE 17; x 140.
Fig. 13 *Gavelinella baltica* Brotzen. - Oberalb, VN 167; x 167.
Fig. 14 *Gavelinella cenomanica* (Brotzen). - Oberalb, VN 241; x 100.
Fig. 15 *Gavelinella cenomanica* (Brotzen). - Oberalb, VN 158; x 100.
Fig. 16 *Osangularia schloenbachi* (Reuss). - Mittelalb, APE 142; x 140.
Fig. 17 *Globorotalites bartensteini* Bettenstaedt. - Vraconnian, VN 277; x 100.


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17

BOLLI, H. M., LOEBLICH, A. R. & TAPPAN, H. H. (1957): Planktonic foraminiferal families Hantkeninidae, Orbulinidae, Globorotaliidae and Globotruncanidae. - U. S. Nat. Mus., Bull., **215**: 3-50, Abb. 1-9, Taf. 1-11; Washington, D. C.

BRADY, H. B. (1884): Report on the Foraminifera dredged by H. M. S. Challenger, during the years 1873-1876. - Rep. Sci. Results Voyage H. M. S. Challenger, Zool., **9**: I-XXI, 1-814, 21 Abb., 115 Taf., 4 Tab.; London.

BROTZEN, F. (1942): Die Foraminiferengattung *Gavelinella* nov. gen. und die Systematik der Rotaliformes. - Sver. geol. unders., Arsbok, **36** (8): 1-60, 18 Abb., 1 Taf.; Stockholm.

BROWN, N. K. (1969): Heterohelicidae CUSHMAN, 1927, emended, a Cretaceous planktonic foraminiferal family. - Proc. 1st Int. Conf. Plankt. Microfoss., Geneva 1967, **2**: 21-67, 15 Abb., 1 Tab., 4 Taf.; Genf.

CARBONNIER, A. (1952): Sur un gisement de foraminifères d'age Cénomanien supérieur de la région de Taza (Maroc). - Bull. Soc. géol. France, (6), **2** (1-3): 111-122, Taf. 5-7; Paris.

CARON, M. (1985): Cretaceous planktic foraminifera. - In: BOLLI, H. M., SAUNDERS, J. B. & PERCH-NIELSEN, K. (Hrsg.): Plankton stratigraphy, 17-86, 37 Abb., 1 Tab.; Cambridge.

CARTER, D. J. & HART, M. B. (1977): Aspects of mid-Cretaceous stratigraphical micropalaeontology. - Bull. Brit. Mus. Nat. Hist., Geol. Ser., **29** (1): 1-135, 52 Abb., 4 Taf.; London.

CRITTENDEN, S. (1983): *Osangularia schloenbachi* (REUSS, 1863): an index foraminiferid species from the Middle Albian to Late Aptian of the southern North Sea. - N. Jb. Geol. Paläont., Abh., **167** (1): 40-64, 8 Abb.; Stuttgart.

CUSHMAN, J. A. (1936): New genera and species of the families Verneuilinidae and Valvulinidae and of the subfamily Virgulininae. - Spec. Publ. Cushman Lab. Foram. Res., **6**: 1-71, 8 Taf.; Sharon.

CUSHMAN, J. A. (1937): A Monograph of the Foraminiferal Familiy Verneuilinidae. - Spec. Publ. Cushman Lab. Foram. Res., **7**: I-XIII, 1-157, 1 Abb., 20 Taf.; Sharon.

CUSHMAN, J. A. (1946): Upper Cretaceous Foraminifera of the Gulf Coastal Region of the United States and adjacent areas. - U. S. Geol. Surv., Prof. Pap., **206**: I-III, 1-241, 66 Taf.; Washington. D. C.

CUSHMAN, J. A. (1948): Foraminifera. Their classification and economic use. - I-IX, 1-605, 8 Abb., 31 Taf., 55 Fototaf.; 4. Aufl.; Cambridge, Mass.

CUSHMAN, J. A. & ALEXANDER, C. J. (1930): Some Vagulinas and other foraminifera from the Lower Cretaceous of Texas. - Contrib. Cushman Lab. Foram. Res., **6**: 1-10, Taf. 1-2; Sharon.

CUSHMAN, J. A. & JARVIS, P. W. (1928): Cretaceous foraminifera from Trinidad. - Contrib. Cushman Lab. Foram. Res., **4**: 85-103, Taf. 12-14; Sharon.

CUSHMAN, J. A. & OZAWA, Y. (1930): A monograph of the foraminiferal family Polymorphinidae recent and fossil. - Proc. U. S. Nat. Mus., no. 2829, 77, Art. 6: 1-185, 40 Taf.; Washington, D. C. (Reprint: Lochem 1970)

CUSHMAN, J. A. & TEN DAM, A. (1948): *Globigerinelloides*, a new genus of the Globigerinidae. - Contrib. Cushman Lab. Foram. Res., **24** (2): 42-43, Abb. 4-6, Taf. 8; Sharon.

CUSHMAN, J. A. & WATERS, J. A. (1927): Some arenaceous foraminifera from the Upper Cretaceous of Texas. - Contrib. Cushman Lab. Foram. Res., **2**: 81-85, Taf. 12; Sharon.

EGGER, J. G. (1899): Foraminiferen und Ostracoden aus Kreidemergeln der Oberbayrischen Alpen. - Abh. K. bayer. Akad. Wiss. II. Cl. XXI, Bd. I, Abh., 230 S., 26 Taf.; München.

FRANKE, A. (1914): Die Foraminiferen und Ostracoden des Emschers, besonders von Obereing und Berne nördlich Dortmund. - Z. dt. Geol. Ges., **66** (3): 428-443, 27 Taf.; Stuttgart.

FRANKE, A. (1928): Die Foraminiferen der Oberen Kreide Nord- und Mitteldeutschlands. - Abh. Preuß. Geol. L.-A., N. F., **111**: 1-207, 2 Abb., 18 Taf.; Berlin.

FRANKE, A. (1936): Die Foraminiferen des deutschen Lias. - Abh. Preuß. Geol. L.-A., N. F., **169**: 1-138, 2 Abb., 12 Taf.; Berlin.

FUCHS, W. (1968): Eine bemerkenswerte, tieferes Apt belegende Foraminiferenfauna aus den konglomeratreichen Oberen Roßfeldschichten von Grabenwald (Salzburg). - Verh. Geol. B.-A. Wien, **1968**: 87-97, 1 Abb., 4 Taf.; Wien.

GANDOLFI, R. (1942): Ricerche micropaleontologiche e stratigrafiche sulla Scaglia e sul Flysch Cretacico dei dintorni di Balerna (Canton Ticino). - Riv. Ital. Paleont., Mem., **4**: 1-160, 49 Abb., 1 Tab., 14 Taf.; Mailand.

GAWOR-BIEDOWA, E. (1969): The genus *Arenobulimina* CUSHMAN from the Upper Albian and Cenomanian of the Polish Lowlands. - Rocz. Polsk. Tow. Geol., **39**: 73-102, 13 Abb, Taf. 5-8; Krakau.

GAWOR-BIEDOWA, E. (1972): The Albian, Cenomanian and Turonian foraminifers of Poland and their stratigraphic importance. - Acta Palaeont. Polon., **17** (1): 1-155, 14 Abb., 20 Taf., 4 Tab.; Warschau.

GEROCH, S. (1959): Stratigraphic significance of arenaceous Foraminifera in the Carpathian Flysch. - Paläont. Z., **33**: 113-122, 2 Abb., 2 Taf.; Stuttgart.

GEROCH, S. & NOWAK, W. (1984): Proposal of zonation for the Late Tithonian-Late Eocene, based upon Arenaceous Foraminifera from the Outer Carpathians, Poland. - Benthos'83: 225-239, 1 Abb., 8 Taf., 2 Tab.; Pau-Bordeaux.

GLAESSNER, M. F. (1966): Notes on Foraminifera of the genus *Hedbergella*. - Eclogae geol. Helv., **59**: 179-184, 1 Abb.; Basel.

GRABERT, B. (1959): Phylogenetische Untersuchungen an *Gaudryina* und *Spiroplectinata* (Foram.) besonders aus dem nordwestdeutschen Apt und Alb. - Abh. senckenb. naturf. Ges., **498**: 1-71, 27 Abb., 3 Taf., 3 Tab.; Frankfurt.

HANZLIKOWA, E. (1972): Carpathian Upper Cretaceous Foraminiferida of Moravia (Turonian-Maastrichtian). - Roz. Ust., Geol., **39**: 1-160, 5 Abb., 40 Taf.; Prag.

HOFKER, J. (1957): Foraminiferen der Oberkreide von Nordwestdeutschland und Holland. - Beih. Geol. J.-B., **27**: 1-464, 495 Abb.; Hannover.

KRASHENINNIKOV, V. A. & PFLAUMANN, U. (1978): Cretaceous agglutinated foraminifera of the Atlantik Ocean off West Africa (Leg 41, Deep Sea Drilling Project). - Init. Rpt. DSDP, **41**: 565-580, 5 Taf.; Washington, D. C.

LOEBLICH, A. R. & TAPPAN, H. (1982): A revision of mid-Cretaceous textularian foraminifers from Texas. - J. Micropaleont., **1**: 55-69, 2 Taf.; London.

LOEBLICH, A. R. & TAPPAN, H. (1984): Suprageneric classification of the Foraminiferida (Protozoa). - Micropaleont., **30** (1): 1-70; New York.

LOEBLICH, A. R., JR. & TAPPAN, H. (1988): Foraminiferal genera and their classification. - 970 S., 847 Taf.; New York (Van Nostrand Reinhold).

LONGORIA, J. F. (1974): Stratigraphic, morphologic and taxonomic studies of Aptian planktonic foraminifera. - Rev. Esp. Micropal., No. Extraord. Dicembre **1974**: 1-134, 9 Abb., 27 Taf., 8 Tab.; Madrid.

LUTERBACHER, H. P. & PREMOLI SILVA, I. (1962): Note préliminaire sur une révision du profil de Gubbio, Italie. - Riv. Ital. Paleont., **68** (2): 253-288, 3 Abb., Taf. 19-23; Mailand.

MAGNIEZ-JANNIN, F. (1975): Les foraminifères de l'Albien de l'Aube: Paléontologie, stratigraphie, écologie. - Cahiers de Paléont., 1-360, 141 Abb., 3 Tab., 26 Taf.; Paris.

MANTOVANI UGUZZONI, M. P. & PIRINI RADRIZZANI, C. (1967): I Foraminiferi delle Marne a Fucoidi. - Riv. Ital. Paleont. **73** (4): 1181-1256, Taf 85-94.; Milano.

MARIE, P. (1941): Les Foraminifères de la Craie à *Belemnitella mucronata* du Bassin de Paris. - Mém. Mus. Nat. Hist. Natur., n. s., **12**: 3-296, 37 Taf.; Paris.

MARTIN, L. (1964): Upper Cretaceous and Lower Tertiary foraminifera from Fresno County, California. - Jahrb. Geol. B.-A., Sonderb., 9; 128 S.; Wien.

MICHAEL, E. (1966): Die Evolution der Gavelliniden (Foram.) in der NW-deutschen Unterkreide. - Senck. leth., **47** (5-6): 411-457, 16 Abb., 1 Taf.; Frankfurt.

MICHAEL, E. (1967): Die Mikrofauna des NW-deutschen Barreme. Teil I. Die Foraminiferen des NW-deutschen Barreme. - Palaeontographica, Suppl.-Bd. **12**: 1-176, 9 Abb., 26 Taf., 22 Tab.; Stuttgart.

MOULLADE, M. (1966): Etude stratigraphique et micropaléontologique du Crétacé inférieur de la „Fosse Vocontienne". - Doc. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon, **15** (1-2): 1-369, 27 Abb., 17 Taf.; Lyon.

MOULLADE, M. (1984): Intérêt des petits Foraminifères benthiques „profonds" pour la biostratigraphie et l'analyse des paléoenvironments océaniques mésozoiques. - Benthos'83: 429-464, 5 Abb., 10 Taf., 3 Tab.; Pau-Bordeaux.

NEAGU, T. (1975): Monographie de la faune des foraminifères éocrétacés du Couloir de Dimbovicioara, de Codlea et des Monts Persani (Couches de Carhaga). - Mém. Inst. Geol. Géophys., **25**: 1-141, 24 Abb., 110 Taf.; Bukarest.

PFLAUMANN, U. (1964): Geologisch-mikropaläontologische Untersuchungen in der Flysch-Oberkreide zwischen Wertach und Chiemsee in Bayern. - 1-180, I-XXII, 9 Abb., 14 Taf.; Diss. Univ. München.

RENZ, O. (1936): Stratigraphische und mikropaläontologische Untersuchungen der Scaglia (Obere Kreide-Tertiär) im zentralen Apennin. - Eclogae geol. Helv., **29**: 1-149, 14 Abb., 15 Taf.; Basel.

REUSS, A. E. (1845): Die Versteinerungen der böhmischen Kreideformation. - Abt. 1, Teil 2: 1-148, Taf. 14-51; Stuttgart.

REUSS, A. E. (1851): Die Foraminiferen und Entomostraceen des Kreidemergels von Lemberg. - Haid. naturw. Abh., **4**: 17-52, Taf. 2-6; Wien.

REUSS, A. E. (1860): Die Foraminiferen der westphälischen Kreideformation. - Sitzungsber. Akad. Wiss., math.-naturw. Cl., **40**: 1-94, 13 Taf.; Wien.

REUSS, A. E. (1862): Die Foraminiferen-Familie der Lageniden.- Sitzungsber. k. Akad. Wiss., math.-naturw. Cl. **46**: 308-342, Taf. 1-7; Wien.

REUSS, A. E. (1863): Die Foraminiferen des norddeutschen Hils und Gault. - Sitzungsber. k. Akad. Wiss., math.-naturw. Cl., **46**: 5-100, 13 Taf.; Wien.

RISCH, H. (1970): Stratigraphie der höheren Unterkreide der bayerischen Kalkalpen mit Hilfe von Mikrofossilien. - I-IV, 1-180, 7 Abb., 18 Taf.; Diss. Univ. München.

RISCH, H. (1971): Stratigraphie der höheren Unterkreide der bayerischen Kalkalpen mit Hilfe von Mikrofossilien. - Palaeontographica, **A 138**: 1-80, 8 Abb., Taf. 1-8, 4 Tab.; Stuttgart.

ROBASZYNSKI, F., CARON, M., GONZALES DONOSO, J. M. & WONDERS, A. A. H. (Hrsg.): Atlas of Late Cretaceous Globotruncanids. - Rev. Micropaleont., **26** (3-4): 145-305, 11 Abb., 54 Taf.; Paris.

SALAJ, J. (1980): Microbiostratigraphie du Crétacé et du Paléogène de la Tunesie septentrionale et orientale (Hypostratotypes tunesiens). - 240 S., 64 Taf., 12 Tab.; Bratislava.

SALAJ, J. & SAMUEL, O. (1966): Foraminiferen der Westkarpaten-Kreide. - 291 S., 18 Abb., 48 Taf., 36 Tab.; Bratislava.

SIGAL, J. (1948): Notes sur les genres de Foraminifères *Rotalipora* BROTZEN 1942 et *Thalmanninella*. Famille des Globorotaliidae. - Rev. Inst. Pétr. Ann. Combust. liqu., **3** (4): 95-103, 2 Taf.; Paris.

SIGAL, J. (1952): Aperçu stratigraphique sur la micropaléontologie du Crétacé. - 19th Intern. Geol. Congr., Monogr. Rég., ser. 1, no. **26**: 1-45, 46 Abb., 1 Tab.; Algier.

SIGAL, J. (1966): Contribution à une morphographie des Rosalines. 1. Le genre *Ticinella* REICHEL, souche des Rotalipores. - Eclogae geol. Helv., **59** (1): 185-218, 6 Taf., 1 Tab.; Basel.

SIGAL, J. (1969): Contribution à une monographie des Rosalines. 2. L'espèce *Rotalipora appenninica* (O. REINE, 1936), origine phylétique et taxinomie. - In: BRÖNNIMANN, P. & RENZ, H. H. (Hrsg.), Proceedings of the first international conference on planktonic microfossils, Vol.II: 622-639, 2 Taf.; Leiden.

SLITER, W. V. (1975): Foraminiferal Life and Residue Assemblages from Cretaceous Slope Deposits. - Bull. Geol. Soc. Amer., **86**: 897-906, 9 Abb., 2 Tab.; Boston.

SUBBOTINA, N. N. (1953): Fossile Foraminiferen der UdSSR: Globigerinidae, Hantkeninidae und Globorotaliidae (russ.). - Trudy VNIGRI, N. S., **76**: 1-296, 8 Abb., 41 Taf.; Leningrad.

TEN DAM, A. (1946): Arenaceous foraminifera and Lagenidae from the Neocomian (Lower Cretaceous) of the Netherlands. - J. Paleont., **20** (6): 570-577, Taf. 87-88; Tulsa.

TEN DAM, A. (1948): Foraminifera from the Middle Neocomian of the Netherlands. - J. Paleont., **22**: 175-192, 3 Abb., Taf. 32; Tulsa.

TEN DAM, A. (1950): Les Foraminifères de l'Albien des Pays-Bas. - Mém. Géol. Soc. France, N. S., **63**: 1-67, 8 Abb., 1 Tab., 4 Taf.; Paris.

WEIDICH, K. F. (1984): Feinstratigraphie, Taxonomie planktonischer Foraminiferen und Palökologie der Foraminiferengesamtfauna der kalkalpinen tieferen Oberkreide (Untercenoman-Untercampan) der Bayerischen Alpen. - Abh. Bayer. Akad. Wiss., math.-naturw. Kl., **162**: 1-151, 51 Abb., 21 Taf., 10 Tab.; München.

WEIDICH, K. F. (1988): On the variability of some recent and fossil „*Clavalina*" species (Foraminifera). - Abh. Geol. B.-A., **41**: 337-354, 3 Abb., 5 Taf.; Wien.

WEIDICH, K. F. (1990): Die kalkalpine Unterkreide und ihre Foraminiferenfauna. - Zitteliana, **17**: 312 S., 30 Abb., 31 Tab., 62 Taf.; München.

WONDERS, A. A. H. (1975): Cretaceous planktonic foraminifera of the *Planomalina buxtorfi* group from El Burrueco, Southern Spain. - Proc. Kon. Nederl. Akad. Wetensch., **B 78**: 83-93, 4 Abb., 1 Taf.; Amsterdam.

WONDERS, A. A. H. (1978): Phylogeny, classification and biostratigraphic distribution of keeled Rotaliporinae.- Proc. Kon. Nederl. Akad. Wetensch., **B 81**: 113-144, 6 Abb., 5 Taf., 1 Tab.; Amsterdam.

WONDERS, A. A. H. (1979): Middle and Late Cretaceous pelagic sediments of the Umbrian Sequence in the Central Apennines. - Proc. Kon. Nederl. Akad. Wetensch., **B 82**: 171-205, 5 Abb., 13 Taf.; Amsterdam.